



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG  
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL - CSTR  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL - PPGCA**

**INFLUÊNCIA DO GENE DA BETA-CASEÍNA SOBRE A PRODUÇÃO E  
QUALIDADE DO LEITE E DO IOGURTE DE VACAS SINDI**

**JOÃO VICTOR INÁCIO DOS SANTOS**

**PATOS – PB  
2024**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG  
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL - CSTR  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL - PPGCA**

**INFLUÊNCIA DO GENE DA BETA-CASEÍNA SOBRE A PRODUÇÃO E  
QUALIDADE DO LEITE E DO IOGURTE DE VACAS SINDI**

**JOÃO VICTOR INÁCIO DOS SANTOS  
AGROECÓLOGO**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Campina Grande,  
como parte dos requisitos do programa de  
Pós-graduação em Ciência Animal para  
obtenção do título de Mestre em Ciência  
Animal na área de concentração de  
Produção de Ruminantes.

**Orientador:** Prof. Dr. José Fábio Paulino  
de Moura

**Coorientadora:** Prof. Dra. Ana Cristina  
Chacon Lisboa

**PATOS – PB  
2024**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Sistema Integrado Bibliotecas – SISTEMOTECA/UFCG**

---

S586i

Santos, João Victor Inácio dos

Influência do gene da beta-caseína sobre à produção e qualidade do leite e do iogurte de vacas sindi / João Victor Inácio dos Santos. – Patos, 2024.  
56 f.

Orientador: José Fábio Paulino de Mouía.

Coorientador: Ana Cíistina Chacon Lisboa.

Mestrado (Dissertação) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal.

1. Bovinos. 2. Derivados A2A2. 3. Genótipo. Moura, José Fábio Paulino de, *orient.* II. Título.

CDU 636.2

---

**JOÃO VICTOR INÁCIO DOS SANTOS**

**INFLUÊNCIA DO GENE DA BETA-CASEÍNA SOBRE A PRODUÇÃO E QUALIDADE  
DO LEITE E DO IOGURTE DE VACAS SINDI**

**Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos do programa de Pós-graduação em Ciência Animal para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.**

**BANCA EXAMINADORA:**

---

**Professor Dr. José Fábio Paulino de Moura.  
Orientador – PPGCA/CSTR/UFCG**

---

**Professora Dra. Ana Cristina Chacon Lisboa.  
Co-orientadora – UATEC/CDSA/UFCG**

---

**Professora Dra. Mônica Correia Gonçalves  
Examinadora Externa – CCA/UFPB**

---

**Professor Dr. Tiago Gonçalves Pereira Araújo  
Examinador Externo – UATEC/CDSA/UFCG**

**Trabalho aprovado em: 21 de fevereiro de 2024.**

**PATOS - PB**

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

**JOÃO VICTOR INÁCIO DOS SANTOS** - nascido no dia 15 de agosto de 1998, no Hospital e Maternidade Santa Filomena, na cidade de Monteiro, Paraíba, Brasil; filho de Cicero Lucielmo Correia dos Santos e Maria Josineide Inácio dos Santos. No ano de 2015, concluiu o ensino médio na Escola Estadual José Leite de Sousa, na cidade de Monteiro, Paraíba, Brasil. No mês de maio de 2017 ingressou no ensino superior no curso de Tecnologia em Agroecologia, pela Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Sumé-PB, concluindo em 12 de fevereiro de 2021, obtendo o grau de Tecnólogo em Agroecologia. Em 25 de fevereiro de 2021 ingressou na Pós-Graduação no curso de especialização em Zootecnia, pela Faculdade Particular Unyleya educacional, concluído em 23 de outubro de 2021. No dia 25 de outubro de 2021 ingressou no Programa De Residência Profissional Agrícola, pela Universidade Federal da Paraíba, na Associação dos Criadores de Caprinos e Ovinos do Município de Cabaceiras-PB, concluído em 28 de outubro de 2022. Ingressou no curso de Pós-Graduação em Ciência Animal a nível de mestrado em fevereiro de 2022 pela Universidade Federal de Campina Grande - Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos-PB.

*Com amor e gratidão ao meu esposo,  
Ezequias Nunes e aos meus pais,  
Cicero Lucielmo e Maria Josineide,  
dedico.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar força para enfrentar todos os obstáculos os quais me foram postos durante essa jornada.

Agradeço aos meus pais, Cicero Lucielmo e Maria Josineide, pelo apoio e por me fazerem um homem honesto e com princípios, que vai alcançar todos os seus objetivos através do estudo.

Agradeço ao meu marido Ezequias, pelo apoio em mais esse sonho, toda compreensão e por acreditar em todo meu potencial, as vezes muito mais do que eu mesmo.

Agradeço as minhas irmãs Glêisse Ariana e Geisiane Bárbara, por me incentivarem e torcerem incansavelmente pelas minhas conquistas. Aos meus sobrinhos José Expedito e Anthony por me mostrarem outra forma de carinho e amor.

Agradeço aos meus avós paternos Miguel Barbosa e Iraci Correia *in memoriam*, por todos os momentos e boas lembranças da minha infância.

Agradeço a minha avó materna e madrinha Maria Honorato por ser um exemplo de persistência e fé, e por todas as orações a mim oferecidas.

Agradeço a minha amiga Mirelly Rayanne, por todo companheirismo, parceria, apoio durante a graduação, residência e agora no Mestrado, com você amiga sempre foi mais leve.

Agradeço a minha amiga Claudia Cristina, por toda torcida, pelos momentos descontraídos com risadas e fofocas, e por torcer tanto por mim.

Agradeço a Associação dos Criadores de Caprinos e Ovinos do Município de Cabaceiras-PB, na pessoa de Henri, Emerson e Elaine por todo apoio, incentivo e compreensão nos momentos em que tive que conciliar o mestrado e a residência.

Agradeço ao meu orientador, Prof. José Fábio, por confiar no meu trabalho e ter acreditado em mim lá no início do processo, me incentivando a tentar o mestrado.

Agradeço a Prof. Mônica Correia, Prof. Juliana Paula e ao Prof. André pela parceria, dedicação e contribuição com a minha pesquisa, a qual não teria sido possível sem a colaboração dos mesmos.

Agradeço a Prof. Ana Cristina, minha Coorientadora, a qual teve um papel vital na minha formação pessoal e profissional, por ser essa mulher incrível que sempre está pronta para ajudar sem esperar nada em troca, que mesmo após a minha saída do CDSA, esteve sempre na torcida pelas minhas conquistas.

Agradeço ao Prof. Tiago Gonçalves por toda torcida e incentivo de sempre e por ter mostrado um proposito durante as aulas na graduação, o qual nunca imaginei que posteriormente se tornaria meu sonho de ser professor.

Agradeço ao Secretário do PPGCA, Ary Cruz, por ser essa pessoa iluminada que atende a todos com tamanho carinho e atenção.

Agradeço aos meus amigos da pós Claudiney, Cássia Andrade, Luan Camboim, Lucas Barros, Roberto Matheus, Yuri Barreto e minha amiga PhD Romilda Rodrigues pelas conversas, risadas e cervejas.

Agradeço a Universidade Federal de Campina Grande – UFCG por ofertar minha vida acadêmica completa (Graduação, Mestrado e Doutorado), ao Centro de Saúde e Tecnologia Rural – CSTR e Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal – PPGCA.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos, pelos recursos concedidos que me auxiliaram na condução deste Projeto.

**Os meus sinceros agradecimentos a todos.**

*"O próprio Senhor irá à sua frente e  
estará com você; ele nunca o deixará,  
nunca o abandonará. Não tenha medo!  
Não se desanime!"*

Deuteronômio 31:8



## INFLUÊNCIA DO GENE DA BETA-CASEÍNA SOBRE A PRODUÇÃO E QUALIDADE DO LEITE E DO IOGURTE DE VACAS SINDI

**RESUMO:** O Brasil ocupa o 3º lugar no ranking de produção de leite mundial, em apenas 47 anos (1974 a 2021), teve uma expansão de 397% contra 94% no mundo no mesmo período, com uma produção atual de 35,30 bilhões de litros/ano. Através disso o setor agropecuário brasileiro influenciou positivamente a economia do país, onde o Produto Interno Bruto (PIB) cresceu 1,9% no primeiro trimestre de 2023 e o setor agropecuário 21,6% no mesmo período. Onde de acordo com o Censo Agropecuário de 2022 o efetivo de rebanho brasileiro corresponde a 234.352.649 mil cabeças de bovinos, com um crescimento 20.543.204 mil cabeças de bovinos quando com parados aos números de 2018. O leite é um alimento de origem natural, sem quaisquer tipos de aditivos químicos, rico em nutrientes com características físico-químicas que proporcionam o uso do mesmo para fabricação de inúmeros derivados lácteos, como os queijos, iogurtes, requeijões, manteiga, doces, dentre outros. Rico em proteínas, carboidratos, lipídios, vitaminas e minerais. Os zebuínos são os animais da espécie bovina com maior grau de adaptabilidade às condições climáticas do semiárido brasileiro, dentre os zebuínos o gado Sindi tem se mostrado eficiente por apresentar dupla aptidão (leite e carne), elencando sua alta eficiência alimentar e reprodutiva, além de precocidade e bom desempenho produtivo. Com um ótimo valor nutritivo e excelente qualidade sensorial, o iogurte vem sendo associado por grande parte da população dos países desenvolvidos, aumentando e diversificando a busca por produtos lácteos capazes de agradar todos os consumidores. Dessa forma objetivou-se com esse estudo avaliar a influência do gene da beta-caseína sobre a produção e a qualidade do leite e sobre os parâmetros físico-químicos, perfil lipídico e aceitação sensorial de iogurte produzido com leite de vacas Sindi. O estudo foi desenvolvido nos laboratórios da Universidade Federal de Campina Grande. Foram coletadas amostras de leite *in natura* de 16 matrizes da raça Sindi, para cada animal foi coletado uma amostra de 1L de leite e acondicionado em garrafas plásticas, realizada a fabricação do iogurte e assim iniciou as análises físico-químicas do leite, do iogurte, perfil de ácidos graxos do iogurte e análise sensorial. Houve diferenças estatísticas ( $P < 0,05$ ) na composição físico-química do leite para pH, temperatura, gordura, sólidos não gordurosos, proteína, lactose e ponto de congelamento sendo o gene dominante a obter resultados superiores quando comparados com o gene recessivo. Houve diferenças estatísticas ( $P < 0,05$ ) na composição físico-química do iogurte para gordura, proteína total, matéria seca e umidade, novamente o gene dominante obteve resultados superiores. Nas análises sensoriais, o iogurte do gene recessivo foi melhor avaliado em relação ao iogurte do gene dominante em todos os atributos analisados. No perfil de ácidos graxos, o gene recessivo apresentou resultados inferiores ( $P < 0,05$ ) para os ácidos graxos saturados e insaturados, e resultados superiores ( $P < 0,05$ ) de ácidos graxos monoinsaturados e poliinsaturados. O presente estudo mostrou perspectivas positivas em relação ao polimorfismo do gene da beta-caseína sobre a composição do leite e sobre os parâmetros físico-químicos, perfil lipídico e aceitação sensorial de iogurte produzido a partir de vacas Sindi genotipadas.

**Palavras-chave:** bovinos, derivados A2A2, genótipo.

## **IMPACT OF THE BETA-CASEIN GENE ON THE PRODUCTION AND QUALITY OF MILK AND YOGURT FROM SINDI COWS.**

**ABSTRACT:** Brazil occupies the 3<sup>o</sup> place in the ranking of world milk production, in only 47 years (1974 to 2021), had an expansion of 397% against 94% in the world in the same period, with a current production of 35.30 billion liters/year. Through this, the Brazilian agricultural sector positively influenced the country's economy, where Gross Domestic Product (GDP) grew 1.9% in the first quarter of 2023 and the agricultural sector 21.6% in the same period. Where according to the 2022 Agricultural Census the Brazilian herd staff corresponds to 234,352,649 thousand heads of cattle, with a growth of 20,543,204 thousand heads of cattle when with stopped to the 2018 numbers. Milk is a food of natural origin, without any types of chemical additives, rich in nutrients with physicochemical characteristics that provide the use of it for the manufacture of numerous dairy derivatives, such as cheeses, yogurts, curds, butter, sweets, among others. Rich in proteins, carbohydrates, lipids, vitamins and minerals. Zebuins are the animals of the bovine species with the highest degree of adaptability to the climatic conditions of the Brazilian semi-arid region, among the zebuins the Sindi cattle has been shown to be efficient by presenting double aptitude (milk and meat), listing their high food and reproductive efficiency, in addition to precocity and good productive performance. With a great nutritional value and excellent sensory quality, yogurt has been associated by a large part of the population of developed countries, increasing and diversifying the search for dairy products capable of pleasing all consumers. In this way, the objective of this study was to evaluate the influence of the beta-casein gene on the production and quality of milk and on the physicochemical parameters, lipid profile and sensory acceptance of yogurt produced with milk from Sindi cows. The study was developed in the laboratories of the Federal University of Campina Grande. Fresh milk samples were collected from 16 matrices of the Sindi breed, for each animal a sample of 1L of milk was collected and packaged in plastic bottles, the manufacture of yogurt was carried out and thus began the physicochemical analysis of milk, yogurt, fatty acid profile of yogurt and sensory analysis. There were statistical differences ( $P < 0.05$ ) in the physicochemical composition of milk for pH, temperature, fat, non-fatty solids, protein, lactose and freezing point being the dominant gene to obtain superior results when compared to the recessive gene. There were statistical differences ( $P < 0.05$ ) in the physicochemical composition of yogurt for fat, total protein, dry matter and moisture, again the dominant gene obtained superior results. In the sensory analyses, the yogurt of the recessive gene was better evaluated in relation to the yogurt of the dominant gene in all the attributes analyzed. In the fatty acid profile, the recessive gene showed lower results ( $P < 0.05$ ) for saturated and unsaturated fatty acids, and higher results ( $P < 0.05$ ) for monounsaturated and polyunsaturated fatty acids. The present study showed positive perspectives regarding the polymorphism of the beta-casein gene on the composition of milk and on the physicochemical parameters, lipid profile and sensory acceptance of yogurt produced from genotyped Sindi cows.

**Keywords:** Cattle, A2A2 derivatives, genotype.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### Capítulo 1

Figura 1 - Evolução da Produção de leite no Brasil no período de 2010 a 2021 .....	15
Figura 2 - Exemplos de vacas homozigotas ou heterozigotas .....	18
Figura 3 - Fragmentação das variantes genéticas B-caseína A1 e A2 bovinas .....	18

### Capítulo 2

Figura 4 - Coleta das amostras na Fazenda Nupeárido .....	34
Figura 5 - Analisador de Leite Ultrassônico Complete – AKSO .....	34
Figura 6 - Fabricação do iogurte.....	35
Figura 7 - Incubação das amostras de Iogurte .....	36
Figura 8 - Avaliação sensorial .....	37
Figura 9 - Material para análise sensorial.....	38
Gráfico 1 - Preferência do iogurte de vacas Sindi quesito sabor.....	46
Gráfico 2 - Preferência do iogurte de vacas Sindi quesito aroma .....	47
Gráfico 3 - Preferência do iogurte de vacas Sindi quesito acidez .....	47
Gráfico 4 - Preferência do iogurte de vacas Sindi quesito textura .....	47
Gráfico 5 - Preferência do iogurte de vacas Sindi quesito consistência.....	48
Gráfico 6 - Preferência do iogurte de vacas Sindi quesito aceitação global.....	48

## **LISTA DE TABELAS**

### **Capítulo 1**

Tabela 1 - Número de bovinos e vacas ordenhadas, quantidade média produzida de leite por vaca ordenhada e carga média de bovinos por unidade de área de pastagem no Semiárido brasileiro .....	14
Tabela 2 - Porcentagem da frequência do alelo A2 em raças bovinas .....	19

### **Capítulo 2**

Tabela 3 - Análises Físico-químicas do leite de vacas Sindi .....	39
Tabela 4 - Análises Físico-químicas do iogurte de vacas Sindi .....	42
Tabela 5 - Perfil lipídico do iogurte de vacas Sindi .....	44
Tabela 6 - Preferência do iogurte de vacas Sindi .....	49

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

Kg - quilogramas

CSTR - Centro de Saúde e Tecnologia Rural

UFCG - Universidade Federal de Campina Grande

Dr. - Doutor

CSN2 - beta caseína

A1A2 - Genótipo dominante que não expressa característica de produção da beta-caseína

A2A2 - Genótipo recessivo que expressa característica de produção da beta-caseína

°C - Graus célsius

CV - Coeficiente de variação

P - Probabilidade do teste Tukey

SNG - Sólidos Não Gordurosos

NUPEÁRIDO - Núcleo de pesquisa para o desenvolvimento do semiárido

( $P < 0,05$ ) - significância inferior a 5%

PIB - Produto Interno Bruto

CCS - Contagem de células somáticas

CBT - Contagem bacteriana total

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

XX - Século 20

XXI - Século 21

IAN - Instituto Agrônômico do Norte

BCM-7 - Beta casomorfina-7

BCM-9 - Beta casomorfina-9

CDSA - Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido

LTA - Laboratório de Tecnologia de Alimentos

L - Litro

g - Gramas

mL - Mililitro

LANA - Laboratório de Nutrição Animal

μL - microlitro

IN - Instrução normativa

n° - Número

% - percentual

## SUMÁRIO

### Capítulo 1

PRODUÇÃO DE LEITE NO BRASIL .....	14
GADO SINDI .....	16
POLIMORFISMO DO GENE DA BETA-CASEÍNA.....	17
IOGURTE .....	20
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO IOGURTE.....	22
REFERÊNCIAS .....	23

### Capítulo 2

INTRODUÇÃO .....	31
MATERIAL E MÉTODOS .....	33
Comitê de ética .....	33
Local da execução.....	33
Dados dos animais utilizados.....	33
Coleta das amostras e análise físico-químicas do leite.....	33
Fabricação do iogurte .....	35
Análises físico-químicas do iogurte.....	36
Perfil de ácidos Graxos .....	36
Análise sensorial .....	37
Análises estatísticas.....	38
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	39
CONCLUSÕES .....	50
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
REFERÊNCIAS .....	52
APÊNDICE I.....	55
APÊNDICE II .....	56

**CAPÍTULO 1**  
**REVISÃO DE LITERATURA**

## PRODUÇÃO DE LEITE NO BRASIL

O Brasil ocupa o 3º lugar no ranking de produção de leite mundial, em apenas 47 anos (1974 a 2021), teve uma expansão de 397% contra 94% no mundo no mesmo período, com uma produção atual de 35,30 bilhões de litros/ano (EMBRAPA, 2023). Através disso o setor agropecuário brasileiro influenciou positivamente a economia do país, onde o Produto Interno Bruto (PIB) cresceu 1,9% no primeiro trimestre de 2023 e o setor agropecuário 21,6% no mesmo período (CNA, 2023).

Como uma das principais atividades de produção do agronegócio brasileiro, a criação de bovinos de leite tem garantido renda aos produtores e está entre as cinco cadeias de produção agropecuária mais relevante (CNA, 2012). Onde de acordo com o Censo Agropecuário de 2022 o efetivo de rebanho brasileiro corresponde a 234.352.649 mil cabeças de bovinos, com um crescimento 20.543.204 mil cabeças de bovinos quando com parados aos números de 2018 (IBGE, 2022).

Na Tabela 1, encontram-se as informações do número efetivo do rebanho de bovinos de todos os estados do Nordeste brasileiro, com destaque para o estado da Paraíba que se encontra na 5º posição do “ranking” do número efetivo do rebanho e segunda posição quanto a maior carga média de bovino por unidade de área de pastagem entre os estados.

Tabela 1 - Número de bovinos e vacas ordenhadas, quantidade média produzida de leite por vaca ordenhada e carga média de bovinos por unidade de área de pastagem no Semiárido brasileiro

<b>Semiárido</b>	<b>Nº de bovinos</b>	<b>Nº de vacas ordenhadas</b>	<b>Quantidade média de leite/ vaca ordenhada</b>	<b>Carga média de bovino/ unidade de área de pastagem (cabeça/ha)</b>
<b>Alagoano</b>	364.961	75.479	5,29	0,90
<b>Baiano</b>	5.630.323	482.025	2,73	0,71
<b>Cearense</b>	1.867.345	354.004	3,67	0,94
<b>Maranhense</b>	17.046	1.022	5,40	1,20
<b>Mineiro</b>	1.897.764	184.457	3,27	0,66
<b>Paraibano</b>	979.335	162.834	3,05	1,13
<b>Pernambucano</b>	1.110.515	185.548	4,62	0,91
<b>Piauiense</b>	1.188.097	84.805	1,72	0,92
<b>Potiguar</b>	694.949	114.762	4,44	0,86
<b>Sergipano</b>	470.937	86.998	5,80	1,03
<b>Total</b>	14.221.272	1.731.934	4,00	0,79

Fonte: Adaptado de Censo Agropecuário (IBGE, 2017).

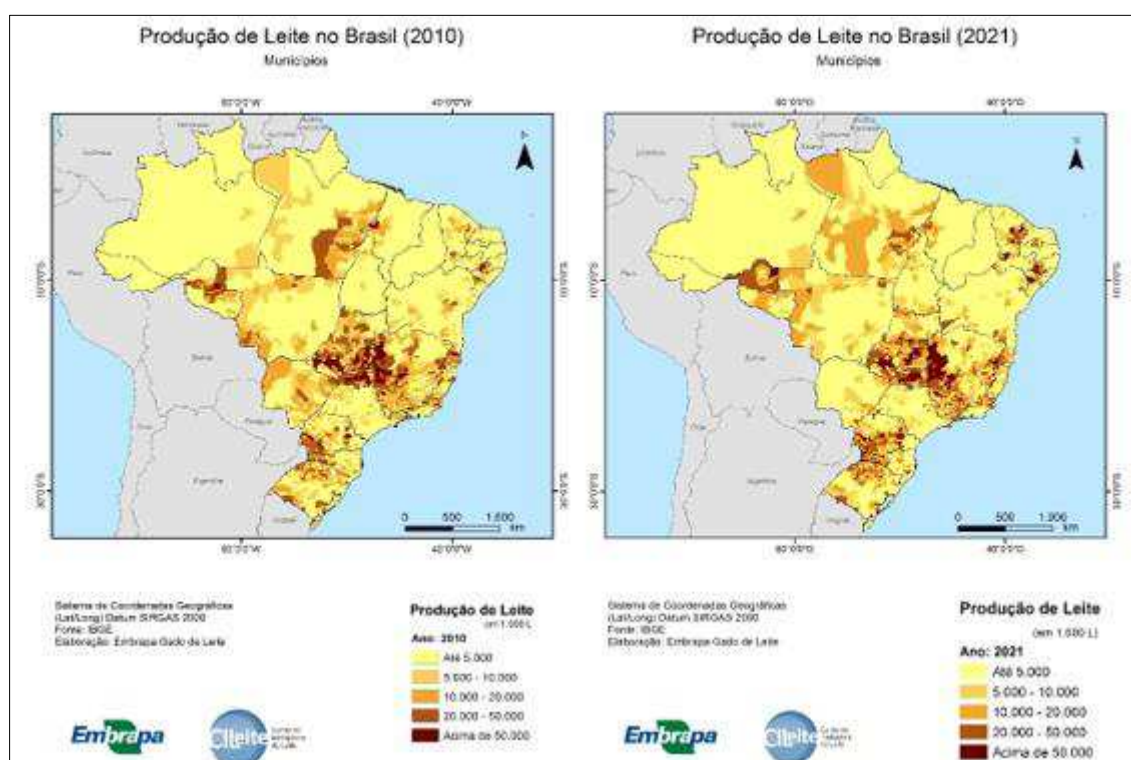


O leite é um alimento de origem natural, sem quaisquer tipos de aditivos químicos, rico em nutrientes com características físico-químicas que proporcionam o uso do mesmo para fabricação de inúmeros derivados lácteos, como os queijos, iogurtes, requeijões, manteiga, doces, dentre outros. Rico em proteínas, carboidratos, lipídios, vitaminas e minerais, o leite é nutricionalmente completo e o primeiro alimento o qual o mamífero tem contato, sendo primordial para alimentação ao longa de toda vida (APN, 2016).

Segundo a Food and Drug Administration, o leite pode ser definido como “a secreção láctea, praticamente livre de colostro, obtido pela ordenha completa de uma ou mais vacas saudáveis, que pode ser clarificado e ajustado por separação de parte da gordura do mesmo, leite concentrado, reconstituído e leite inteiro seco. Pode ser adicionada água, em quantidade suficiente, para reconstituir as formas concentradas e secas” (FDA, 2017).

A produção de leite apresenta altas perspectivas de crescimento nos próximos anos, perspectivas essas que podem mudar o cenário do país. Os mapas que demonstram expansão das regiões produtoras de leite, consolidando ainda mais o agronegócio leiteiro podem ser visualizados na Figura 1.

Figura 1 - Evolução da produção de leite no Brasil no período de 2010 a 2021



Fonte: <https://www.cileite.com.br/content/leite-mapas>. Acesso 11/07/2022

O leite possui dois grupos diferentes de proteínas, as solúveis e insolúveis, as solúveis são divididas entre as  $\alpha$ -lactoalbumina e a  $\beta$ -lactoglobulina, as insolúveis como a caseína constituem 80% das proteínas totais, sendo considerada a principal proteína do leite, sendo

indispensável na difusão da luz e no aspecto branco e opaco do leite (ALWAZEER *et al.*, 2020; CUSTÓDIO, 2014).

Os nutrientes que fazem parte da composição do leite são essenciais para a dieta, diante disso podemos encontrar uma mistura de lipídeos e proteínas, além de carboidratos, vitaminas e minerais. A qualidade do leite pode ser influenciada por diversos fatores externos e internos, como raça, manejo, ambiente, saúde, idade e fase de lactação dos animais (DEMIATE *et al.*, 2001).

## **GADO SINDI**

Os zebuínos são os animais da espécie bovina com maior grau de adaptabilidade às condições climáticas do semiárido brasileiro, dentre os zebuínos o gado Sindi tem se mostrado eficiente por apresentar dupla aptidão (leite e carne), elencando sua alta eficiência alimentar e reprodutiva, além de precocidade e bom desempenho produtivo (SOUZA *et al.*, 2012).

Com ótimas qualidades produtivas e adaptativas, as primeiras importações do gado Sindi foram para os países que possuíam o setor da pecuária com bom desenvolvimento, como os Estados Unidos, Austrália, Brasil e China, que investiram em pesquisas de melhoramento genético visando a produção leiteira (SANTOS, 2011). A criação e seleção da raça Sindi no Brasil começou entre o final do século XX e início do século XXI, entretanto devemos ressaltar o caminho percorrido pelo gado de cor vermelha, com uma evolução natural de 7 mil anos em uma das regiões mais inóspitas e desafiadoras do planeta: o deserto de Sindi, território indiano posteriormente anexado ao Paquistão. Por esse motivo hoje temos uma raça menos exigente e adaptada para as regiões com poucos recursos alimentares, sobrepondo a manutenção de animais de porte maior (NASCIMENTO, 2020).

De acordo com Mariz (2010), a raça chegou ao Brasil por meio de importações comerciais no ano de 1930, contudo apenas no ano de 1952 houve uma importação oficial para o Instituto Agrônomo do Norte (IAN), importação essa que formou um rebanho e se manteve por aproximadamente 20 anos. Posteriormente, os animais espalharam-se por várias regiões do país, atualmente grande parte do rebanho pode ser encontrado na região Nordeste, região essa que melhor se adequa as suas características climáticas.

Sabemos que os criadores de animais de pequeno e médio porte, ao optarem pela criação de raças mais especializadas para produção leiteira, geralmente de grande porte e alta exigência nutricional, em muitos casos são motivos de prejuízo devido a necessidade de boas pastagens e alto valor de concentrados. O que não ocorre quanto a criação do gado Sindi, uma vez que esses animais apresentam rusticidade, resistência à seca e ao calor excessivo, docilidade, mansidão,

bom temperamento, libido saliente nos touros e excelente resistência a endo e ectoparasitas, podendo ser criada simultaneamente com ruminantes de pequeno porte, devido as suas semelhanças (SANTOS, 2011; BARROS, 2014).

Embora sejam animais de pequeno porte, a raça Sindi apresenta ótimo crescimento e desenvolvimento muscular. Característica essa que influencia positivamente na hora do parto, pois os bezerros nascem pequenos, não ocasionando problemas no parto e nem prejuízos ao bezerro. Outro ponto vital a ser avaliado sobre a reprodução desses animais, é a precocidade das novilhas em relação a outros animais de raças zebuínas. Sobretudo, são animais bem adaptados, permitindo uma boa produção e reprodução em regiões com altas temperaturas, como o caso do semiárido nordestino (SANTOS, 2011).

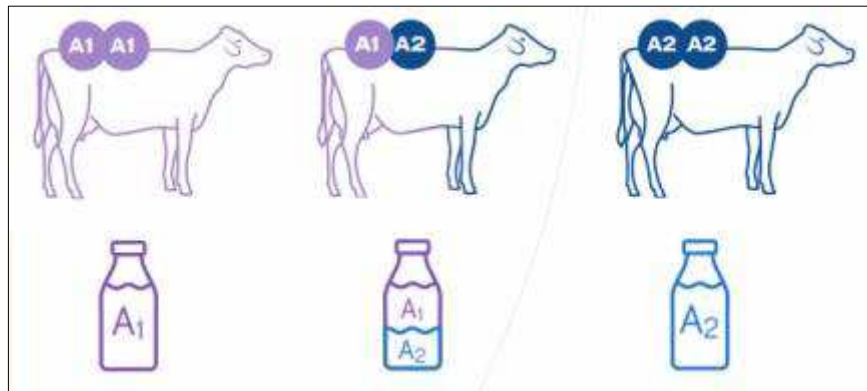
A grande concentração das criações de bovinos da raça Sindi podem ser encontradas nas regiões Nordeste e Sudeste do Brasil. Usando sua aptidão para carne, no Sudeste, os animais são explorados principalmente para a produção de corte, diferentemente do Nordeste, onde os animais são explorados principalmente para a produção de leite. Com 35 e 13 % do rebanho respectivamente, os estados do Nordeste com maiores rebanhos de animais da raça Sindi são Paraíba e Rio Grande do Norte (PANETTO *et al.*, 2017).

## **POLIMORFISMO DO GENE DA BETA-CASEÍNA**

Entre as proteínas que fazem parte da composição do leite, as caseínas somam 80% do total e são divididas em quatro grupos, entres esses está a beta-caseína que possui 13 variantes conhecidas, A1, A2, A3, A4, B, C, D, E, F, G, H (H1, H2), I e J, onde A1 e A2 são as mais encontradas (VERCESI FILHO, 2012). A molécula dos genes A1 e A2 são diferentes pelo polimorfismo de um nucleotídeo de citosina e uma adenina no gene da CSN2, resultando na substituição do aminoácido histidina presente na variante A1 pela prolina na posição 67 da cadeia da variante A2 (JAISWAL *et al.*, 2014).

Representando 30% da proteína total encontrada no leite de vaca, a beta-caseína é composta por algumas variações, onde as vacas podem apresentar a variação A1 com homozigose (A1A1) e heterozigose (A1A2), obtendo como produto o leite A1, enquanto outras vacas podem apresentar a variação A2 com homozigose (A2A2) sendo denominada de leite A2 e oferece a síntese de beta-caseína A2 (HAQ *et al.*, 2014; KEATING *et al.*, 2008; BARBOSA *et al.*, 2019). Estes genes são codominantes, sendo assim o mesmo animal pode apresentar os dois genes e produzir um leite composto pelos dois tipos de proteína (Figura 2).

Figura 2 - Exemplos de vacas homocigotas ou heterocigotas

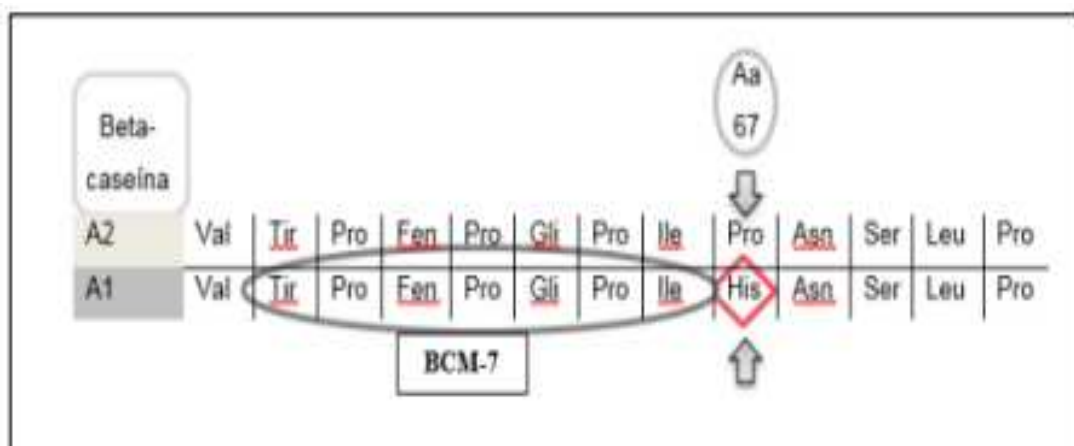


Fonte: SEMAGRO, 2019.

Com uma diferenciação estrutural um tanto quanto pequena, o problema real é a digestão e absorção das variantes da B-caseína. De modo que a His<sup>67</sup> propicia a liberação do peptídeo opioide B-casomorfina-7 (BCM-7), em todo processo digestivo, no entanto isso ocorre de forma diferente quando falamos sobre o aminoácido Pro<sup>67</sup> na B-caseína-A2, onde não ocorre a liberação de BCM-7 ou ocorre em quantidades muito pequenas, produzindo assim o peptídeo B-casomorfina-9 (BCM-9) (KOSTYRA *et al.*, 2004).

A fragmentação das variantes genéticas B-caseína A1 e A2 bovinas, onde ocorre a diferenciação do aminoácido na posição 67, agente responsável pela separação e liberação de BCM-7 pode ser visualizado na Figura 3.

Figura 3 - Fragmentação das variantes genéticas B-caseína A1 e A2 bovinas



Fonte: Barbosa *et al.*, 2019.

De acordo com Mansour *et al.* (1995), os peptídeos bioativos são compostos com uma quantidade de resíduos de aminoácidos que pode variar de 2 a 50, além possuírem inúmeras funções fisiológicas para o corpo. Esses peptídeos produzem atividade opioide com ação em receptores específicos distribuídos em todo sistema nervoso central, conseqüentemente são

capazes de modular a dor, uma resposta ao estresse e à recompensa, entre outras funções também muito importantes para o sistema fisiológico.

De modo geral grande parte do leite comercializado e consumido em todo o mundo contém os dois tipos de caseínas, de modo que a B-caseína A1 é comumente encontrada em leites oriundos de vacas europeias e aproximadamente 80% do leite produzido vem de animais mestiços, já a B-caseína A2 é a forma original da proteína e esteve presente nos rebanhos bovinos desde a sua domesticação. Sendo assim a B-caseína A1 surgiu devido a mutação genética através dos processos evolutivos durante milhares de anos, espalhando-se através da necessidade do aumento da produção leiteira com os cruzamentos entre raças adaptadas (SEMAGRO, 2019; NILSEN *et al.*, 2009).

A frequência do alelo que determina a produção apenas da B-caseína do tipo A2 pode estar associado a diferenciação entre raças zebuínas e taurinas de modo que as raças Gir Leiteiro, Guzerá e Sindi tendem a expressar uma frequência maior do alelo A2, diferentemente das raças Holandesa, Pardo-Suíça e Jersey que expressão uma frequência alélica menor e possivelmente produz a B-caseína A1 (KAMINSKI *et al.*, 2007). Na tabela 2 estão apresentados a frequência do alelo A2 de algumas raças zebuínas e taurinas.

Tabela 2 - Porcentagem da frequência do alelo A2 em raças bovinas

Raças bovinas	Frequência do alelo A2 no rebanho
Holandesa	0,25 - 0,55%
Gir	0,88 – 0,98%
Jersey	0,49 – 0,72%
Angus	0,05%
Ayrshire	0,28-0,52%
Brahman	0,01%
Guzerá	0,97%
Hereford	0,20%
Pardo Suíça	0,49 – 0,72%
Shorthorn	0,51%
Simental	0,56 – 0,63%

Fonte: Pacchiarotti *et al.*, 2020

O consumo de leite produzidos por rebanhos bovinos geneticamente caracterizados e certificados como A2A2, livre da B-caseína A1 é viável. A ingestão de leite de cabra, ovelha e búfala é outra possibilidade, uma vez que as recentes pesquisas provaram que apenas os bovinos

sofreram mutação genética onde acarretou a produção da B-caseína A1 (BROOKE TAYLOR *et al.*, 2017).

Assim como no leite A1, a BCM-7 também pode ser encontrada nos derivados como iogurtes e queijos, ainda que sejam apresentados que alguns organismos encontrados nos produtos seriam capazes de hidrolisar a BCM-7, e até mesmo aminoácidos e peptídeos menores (DE NONI, 2008).

A beta-caseína A1 pode estar associada com problemas crônicos em pessoas com predisposição para diabetes mellitus tipo 1. Enquanto o alelo A2 não tem associação com nenhuma doença, e possui resultados benéficos através do seu consumo (ELLIOTT *et al.*, 1999; JIANQIN, SUN *et al.*, 2016).

Com maior quantidade da proteína beta-caseína-A2, a produção do leite A2A2 pode oferecer a erradicação das reações alérgicas aos seres humanos. Através da genotipagem é possível escolher os animais que possuem essa proteína, como é o caso da raça Sindi que apresenta a frequência desse alelo, indicando o consumo desse leite com a garantia das exigências nutricionais das pessoas imunossupressoras, evitando restrição e efeitos negativos na alimentação dos seres humanos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE SINDI - ABCSINDI, 2017; SILVA *et al.*, 2018).

Animais da raça Sindi com produção de leite 100% com alelo A2 foram encontradas por Lima e Lara (2015). Enquanto Rangel *et al.* (2017), obtiveram resultados semelhantes, com frequências alélicas de 98 e 97%, e genotípicas de 96 e 93% para o alelo A2 da beta-caseína em animais das raças Gir e Guzerá, respectivamente, comprovando a assiduidade do potencial das raças Zebuínas.

De acordo com Vercesi Filho *et al.* (2012), através do processo evolutivo de toda a população bovina inicial que continha apenas o alelo A2, desenvolveu através de mutação o alelo A1. Dando ênfase aos animais zebuínos, que possuem grande potencial para a produção de leite com A2. De modo que ao analisar a variante A1 da caseína no leite, é considerada um fator de risco para a população consumidora, devido sua produção de BCM-7 que pode ser até quatro vezes maior que a produção encontrada pelo alelo A2 (KAMINSKI *et al.*, 2007; TORA ASLEDOTTIR *et al.*, 2017).

## **IOGURTE**

No Brasil a agroindústria dos produtos derivados do leite, está situado como segundo setor mais importante para cadeia produtiva de alimentos no País, estando atrás apenas dos derivados de carne. Dentre os produtos com alto valor agregado estão os queijos e iogurtes

(ABIA, 2018).

Segundo estudos realizados por Rodrigues (2018), a produção de laticínios chegou a um marco de 34,5 bilhões de litros no ano de 2017, e os estudos apontam que esse número deve alcançar o volume de 48 bilhões em 2027. A produção de iogurtes representa aproximadamente 76% do total de produtos lácteos no Brasil, mesmo existindo uma gama de iogurtes com sabores diversos no cenário atual, o sabor morango se sobrepõe como o mais vendido no país, estando com uma elevada quantidade de produtos vendidos em torno de 70 a 80% (SILVA *et al.*, 2020).

A Instrução Normativa n° 46, de 23 de outubro de 2007 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, define o iogurte como o produto adicionado ou não de outras substâncias alimentícias, obtidas por coagulação e diminuição do pH do leite, cuja fermentação se realiza com cultivos protosimbióticos de *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (BRASIL, 2007).

O iogurte é um produto diversificado, que pode ser encontrado no mercado com todos os tipos de sabores, texturas e quantidade, resultado da preferência de cada consumidor. As diferenças nos tipos de processamento desse derivado lácteo estão atreladas a origem do alimento. A consistência do iogurte é um fator chave para a aceitação do produto pelo consumidor, sendo esse aspecto um ponto fundamental na qualidade do produto (FERREIRA, 2014).

Baseada na própria matéria-prima (leite), a composição nutricional do iogurte pode ser afetada por inúmeros fatores como: diferença genética do mamífero, alimentação, estágio de lactação, idade e fatores ambientais. Sobretudo fatores relacionados a tecnologia de processamento, como a temperatura, exposição ao calor, à luz, condições de armazenamento, o tipo de espécie e estirpes de bactérias utilizadas na fermentação, podem alterar a sua composição (ADOLFSSON *et al.*, 2004).

Com um ótimo valor nutritivo e excelente qualidade sensorial, o iogurte vem sendo associado por grande parte da população dos países desenvolvidos, aumentando e diversificando a busca por produtos lácteos capazes de agradar todos os consumidores (GAHRUIE *et al.*, 2015).

Com uma concentração maior de minerais comparado ao leite, o iogurte é uma ótima fonte de cálcio, entretanto pode apresentar valores inferiores quando se trata de vitaminas, podendo ser enriquecido com vitaminas, aromatizantes e sabores. Os principais tipos de vitaminas encontradas no iogurte são: vitamina A, vitamina B1, vitamina B2, vitamina B6, vitamina B12, vitamina C, ácido fólico, ácido nicotínico, ácido pantotênico, biotina e colina (PEREIRA, 2016).

## CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO IOGURTE

Produto com excelente fonte de proteína, o iogurte possui quantidade de proteínas superiores à do leite, resultado da adição de extrato seco lácteo. O mesmo apresenta diversidade em vitaminas, o que auxiliam no desenvolvimento das bactérias lácticas (SANTANA *et al.*, 2006; RODAS *et al.*, 2001).

O iogurte contém baixa quantidade de lactose, resultado de um processo de transformação em ácido láctico durante a fermentação, o que facilita o consumo por pessoas com intolerância à lactose. Outro fator extremamente importante sobre o iogurte é a acidez do mesmo que fornece proteção natural contra infecções, uma vez que ocorre a inibição de inúmeros tipos de bactérias patogênicas no produto lácteo (FERNANDES *et al.*, 2013; FIDELIS *et al.*, 2015).

A composição do iogurte apresenta uma concentração maior de minerais do que o leite, com um ótimo teor de cálcio, entretanto quando comparado ao leite apresenta quantidade inferior de vitaminas, resultado dos danos causados pelo processamento, por esse motivo o enriquecimento dessa matéria-prima com outras substâncias é uma ótima alternativa (SILVA; COSTA; NASCIMENTO, 2017).

Com um efeito marcante na estrutura do gel do iogurte, a porcentagem dos sólidos totais no iogurte batido deve se encontrar entre 8,5% e 10%, já o produto mais firme que possui maior tradicionalidade, deve ter 12% de sólidos não gordurosos (MANTOVANI *et al.*, 2012). É comum a adição de açúcar no iogurte, porém é necessário cautela onde na mistura básica não pode exceder mais que 10%, uma vez que pode ser prejudicial a pressão osmótica e o desenvolvimento dos microrganismos (MEDEIROS *et al.*, 2007).

Apresentando uma resposta imunitária com o consumo diário, o iogurte pode também diminuir os níveis de colesterol, além de agir como alimento anticancerígeno (colón). Entretanto, um dos efeitos que os consumidores mais almejam, é a inibição das bactérias que causam doenças intestinais. O fato é que, a ingestão desse derivado lácteo proporciona uma queda na incidência, duração e severidade de problemas como diarreia (DUARTE, 2009).



## REFERÊNCIAS

- ABIA. Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação. **Números do setor: Faturamento 2018**. Disponível em: <<https://www.abia.org.br/>>. Acesso em: 9 jan. 2024.
- ADOLFSSON, O.; MEYDANI, S. N.; RUSSELL, R. M. Yogurt and gut function. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 80, n. 2, p. 245-256, 2004. Disponível em: <https://academic.oup.com/ajcn/article/80/2/245/4690304?login=false/> Acesso em: 08 set. 2022.
- ALWAZEER, D., TAN, K., & ÖRS, B. Reducing atmosphere packaging as a novel alternative technique for extending shelf life of fresh cheese. **Journal of Food Science and Technology**, v. 57, n. 8, p.3013–3023, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04334-4>. Acesso em: 08 set. 2022.
- APN. (2016). Conhecer o leite. Disponível em: [https://www.proleite.pt/wp-content/uploads/2017/02/Ebook\\_Conhecer\\_o\\_Leite\\_Final.pdf](https://www.proleite.pt/wp-content/uploads/2017/02/Ebook_Conhecer_o_Leite_Final.pdf). Acesso em: 8 set. 2022.
- AQUARONE, E *et al.* **Biotecnologia industrial: biotecnologia na produção de alimentos**. Vol. 4, São Paulo: Blucher, 2013. 523p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE SINDI - ABCSINDI (Uberaba - MG). **Sindi**. Uberaba: BCI – Benevenuto Comunicação Integrada, p. 48, 2017. Disponível em: <http://www.sindi.org.br/arquivos/BookSindi.pdf>/ Acesso em: 08 set. 2022.
- BARBOSA, M. G. *et al.* Leites A1 e A2: revisão sobre seus potenciais efeitos no trato digestório. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 26, p. e019004-e019004, 2019. DOI: <https://doi.org/10.20396/san.v26i0.8652981>.
- BARROS, R. R. O. **Eficiência reprodutiva e produção de leite em zebuínos da raça Sindi**. 2014. 36 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Pós-graduação em Zootecnia, Seropédica - RJ, 2014.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 46, de 23 de outubro de 2007. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 24 nov. 2007. Nº 205, seção 1, pág. 4.
- BROOKE-TAYLOR, S. *et al.* Systematic Review of the Gastrointestinal Effects of A1 Compared with A2  $\beta$ -Casein. **Advances in Nutrition**, v. 8, p. 739-48, 2017. [http://hdl.handle.net/10536/DRO/DU:301\\_09253](http://hdl.handle.net/10536/DRO/DU:301_09253)
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE AGRICULTURA - CNA. Análise do PIB das cadeias produtivas de algodão, cana-de-açúcar, soja, pecuária de corte e de leite no Brasil: desenvolvimento metodológico e cálculo do PIB das cadeias produtivas do algodão, cana-de-açúcar, soja, pecuária de corte e de leite no Brasil. Brasília: CNA, 2012. Disponível em: <<http://www.canaldoprodutor.com.br/sites/default/files/pibcadeiasprodutivasweb.pdf>>. Acesso em: 08 agosto 2023.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE AGRICULTURA - CNA. PIB da agropecuária cresce

21,6% no primeiro trimestre de 2023. Brasília: CNA, 2023. Disponível em: <<https://cnabrazil.org.br/publicacoes/pib-da-agropecuaria-cresce-21-6-no-primeiro-trimestre-de-2023>>. Acesso em: 15 dezembro 2023.

CICCONI-HOGAN, K. M. *et al.* Associations of risk factors with somatic cell count in bulk tank milk on organic and conventional dairy farms in the United States. **Journal Dairy Science**, v. 96, n. 6, p. 3689-702, 2013. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23548286/>. Acesso em: 08 set. 2022.

CUSTÓDIO, I. D. M. **Produção de derivados de leite: “Omavele” aromatizado e queijo picante**. Dissertação Instituto Politécnico de Bragança. Bragança, Pará, p. 08. 2014. Disponível em: [https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/11426/1/Inoque Custódio.pdf](https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/11426/1/Inoque%20Cust%20dio.pdf). Acesso em: 08 set. 2022.

DEMIATE, I. M; KONKEL, F. E.; PEDROSO, R. A. Avaliação da qualidade de amostras comerciais de doce de leite pastoso-composição química. **Food Science and Technology**, v. 21, p. 108-114, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/LLxZDKW7fyvXxXyfTRgprgc/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 08 set. 2022.

DE NONI I. Release of  $\beta$ -casomorphins 5 and 7 during simulated gastrointestinal digestion of bovine  $\beta$ -casein variants and milk-based infant formulas. **Food Chemistry**, v. 110, p. 897–903, 2008.

DREWNOWSKI, A. The contribution of milk and milk products to micronutrient density and affordability of the U.S. diet. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 30, n. 5, p. 422S-428S, 2011. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07315724.2011.10719986>>. Acesso em: 08 set. 2022.

DUARTE, P. Benefícios a Saúde Humana pelo Consumo de Iogurte. **Revista Sul Brasil Rural**, Chapecó - Santa Catarina, v. 27, p. 2, 2009. Disponível em: <https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/50>. Acesso em: 08 set. 2022.

ELLIOTT, BOB R; HARRIS, D.P.; HILL, J. P., *et al.* Type I (insulindependent) diabetes mellitus and cow milk: casein variant consumption. **Diabetologia**, v. 42, p.292-296, 1999. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10096780/>. Acesso em: 08 set. 2022.

EMBRAPA. Anuário Leite 2023 - Leite baixo carbono. **Anuário do Leite**, p. 22, 2023.

FDA (Food and Drug Administration. (2017). Code of Federal Regulations Title 21 CFR 133.3. <https://www.ecfr.gov/current/title-21/chapter-I/subchapter-B/part-133/subpart-A/section-133.3>

FERREIRA, G. S. Iogurte grego do Brasil, só mesmo no Brasil. **Estadão, São Paulo**, 18 de fevereiro de 2014. Disponível em: <https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,iogurte-grego-do-brasil-so-mesmo-no-brasil,177996e>. Acesso em: 09 set. 2022.

FERNANDES, E. N. *et al.* Qualidade físico-química de iogurtes comercializados em Viçosa (MG). **ANAIS SIMPAC**, v. 5, n. 1, p. 519-524, 2013.

FIDELIS, V. R. de L. *et al.* Produção de sorvetes e iogurtes a partir dos frutos figo da índia e

mandacaru. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 4, p. 17 - 21, 2015. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7319170>. Acesso em: 09 set. 2022.

GAHRUIE, H. H.; ESKANDARI, M. H.; MESBAHI, G.; HANIFPOUR, M. A. Scientific and technical aspects of yogurt fortification. **Food Science and Human Wellness**, v. 4, p.1-8. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213453015000178>. Acesso em: 15 out. 2022.

HAQ, M. R. U. *et al.* Comparative evaluation of cow  $\beta$ -casein variants (A1/A2) consumption on Th 2-mediated inflammatory response in mouse gut. **European journal of nutrition**, v. 53, n. 4, p. 1039-1049, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00394-013-0606-7>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de Leite**. 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/leite/br>>, Acesso em: 15 dez. 2023.

IBGE. Censo Agropecuário: resultados preliminares. 2017.

JAISWAL, K.; DE, S.; SARSAVAN, A. Detection of single nucleotide polymorphism by TARMS PCR of cross bred cattle Karan Fries for A1, A2 beta casein types. **International Journal of Scientific Research in Biological Science.**, v.1, p.18-20, 2014. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/AnilSarsavan/publication/285716847\\_Detection\\_of\\_single\\_nucleotide\\_polymorphism\\_by\\_TARMS\\_PCR\\_of\\_crossbred\\_cattle\\_Karan\\_Fries\\_for\\_A1\\_A2\\_bcasein\\_types/links/57a2dbea08aeb1604835fe48/Detectionofsingle nucleotide polymorphismby-TARMS-PCR-of-crossbred-cattle-Karan-Fries-for-A1-A2-b-casein-types.pdf](https://www.researchgate.net/profile/AnilSarsavan/publication/285716847_Detection_of_single_nucleotide_polymorphism_by_TARMS_PCR_of_crossbred_cattle_Karan_Fries_for_A1_A2_bcasein_types/links/57a2dbea08aeb1604835fe48/Detectionofsingle nucleotide polymorphismby-TARMS-PCR-of-crossbred-cattle-Karan-Fries-for-A1-A2-b-casein-types.pdf). Acesso em: 09 set. 2022.

JIANQIN, S. *et al.* Effects of milk containing only A2 beta casein versus milk containing both A1 and A2 beta casein proteins on gastrointestinal physiology, symptoms of discomfort, and cognitive behavior of people with self-reported intolerance to traditional cows' milk. **Nutrition Journal**. abr. 2016. Disponível em: <<http://nutritionj.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12937-016-0147-z>>. Acesso em: 09 set. 2022.

KAMINSKI, S.; CIESLINSKA, A.; KOSTYRA, E. Polymorphism of bovine beta-casein and its potential effect on human health. **Journal of applied genetics**, v.48, p.189–198, 2007. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF03195213>. Acesso em: 21 set. 2022.

KEATING, A. F. *et al.* A note on the evaluation of a beta-casein variant in bovine breeds by allele-specific PCR and relevance to  $\beta$ -casomorphin. **Irish Journal of Agricultural and Food Research**, p. 99-104, 2008.

KOSTYRA, E. SIENKIEWICZ-SZŁAPKA, E.; JARMOŁOWSKA, B.; KRAWCZUK, S.; KOSTYRA, H. Opioid peptides derived from milk proteins. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences.**, v. 13, p. 25-35, 2004. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20073138948>. Acesso em: 21 set. 2022.

LIMA, A. C. J.; LARA, M. A. C. Polimorfismo do gene  $\beta$ -caseína em bovinos. **Actas Iberoamericanas de Conservación Animal**, Córdoba, v. 6, p. 280-285, 2015.

MANSOUR, A. *et al.* The cloned  $\mu$ , and receptors and their endogenous ligands: Evidence for

two opioid peptide recognition cores. **Brain Research**, v. 700, p. 89-98, 1995.

MANTOVANI, D. *et al.* Elaboração de iogurte com diferentes concentrações de sólidos totais, análise físico-química e perfil da textura. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 6, n. 1, 2012. Disponível em: <https://revistas.utfpr.edu.br/rbta/article/view/777>. Acesso em: 21 set. 2022.

MARIZ, A. T. M. **Caracterização zoométrica, estrutura populacional e índices reprodutivos da raça Sindhi no Brasil.** (Tese) Areias-PB: Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, 2010.

MEDEIROS, F. C. *et al.* Composição centesimal de iogurtes comercializados nos municípios de Bananeiras - PB. **Anais... II Jornada Nacional da Agroindústria**, Bananeiras, 2007.

NASCIMENTO, S. Conheça a raça de “bovinos do deserto” adaptados à seca que vem crescendo no Brasil. **Globo Rural**, 30 de mar. 2020. Disponível em: <https://globorural.globo.com/Noticias/Criacao/Boi/noticia/2020/03/conheca-raca-de-bovinos-do-deserto-adaptados-seca-que-vem-crescendo-no-brasil.html>. Acesso em: 10 out. 2022.

NEVES, R. B. S. *et al.* Avaliação sazonal e temporal da qualidade do leite cru goiano tendo como parâmetros a contagem celular somática e a contagem bacteriana total. **Archives of Veterinary Science**, v. 24, n. 1, p. 10-23, marc. 2019. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002946399>. Acesso em: 15 out. 2022.

NILSEN, H. *et al.* Casein haplotypes and their association with milk production traits in Norwegian cattle. **Genetics Selection Evolution**, v. 41, p. 1-12, 2009.

PANETTO, J. C. C. *et al.* Red sindhi cattle in Brazil: Population structure and distribution. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 1, p. 1-9, 2017. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1072265>. Acesso em: 15 out. 2022.

PEREIRA, R. P. D; **Viabilidade de produção e caracterização química de iogurte concentrado tipo grego adicionado de resíduos de maracujá amarelo (*passiflora edulis* var. *flavicarpa* o.deg.) e farinha de linhaça (*linum usitatissimum*).** 2016. Monografia (Bacharelado em Biotecnologia) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

RANGEL, A. H. N. *et al.* Polymorphism in the Beta Casein Gene and analysis of milk characteristics in Gir and Guzera dairy cattle. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 2, 2017. Disponível em: <http://www.funpecrp.com.br/gmr/year2017/vol16-2/pdf/gmr-16-02-gmr.16029592.pdf>. Acesso em: 15 out. 2022.

RODAS, M. A. B. *et al.* Caracterização físico-química, histológica e viabilidade de bactérias lácticas em iogurtes com frutas. **Food Science and Technology**, v. 21, n. 3, p. 304-309, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/hqyRCSyd7JHLf8cs3qwFWxg/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 15 out. 2022.

RODRIGUES, R. **Agro é paz: análises e propostas para o Brasil alimentar o mundo-Piracicaba:** ESALQ, 2018. 416 p.: il. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/biblioteca/pdf/AgroePaz.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2024.

SANTANA, L. R. R. *et al.* Perfil sensorial de iogurte light, sabor pêssego. **Food Science and Technology**, v. 26, n. 3, p. 619-625, 2006. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/cta/a/qNzDchDw9JhWmD8SDsJ3NpB/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 15 out. 2022.

SANTOS, R. **Sindi: o gado vermelho para os trópicos**. Uberaba - MG: Agropecuária Tropical, 596 p. 2011.

SEMAGRO, **tudo que você precisa saber sobre leite A2**. BEBA MAIS LEITE, 2019. Disponível em: <http://www.semagro.ms.gov.br/wp-content/uploads/2019/08/Tudo-sobre-Leite-A2.pdf>. Acesso em: 27 de outubro de 2023.

SILVA, A. A. *et al.* Correlação entre variáveis produtivas e eficiência de resposta a suplementação em vacas Guzerá em lactação. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 12, p. 133, 2018. Disponível em: <[https://web.archive.org/web/20190429233526id\\_/http://www.pubvet.com.br/uploads/96973fda29ddd8a7456b486d2fa91519.pdf](https://web.archive.org/web/20190429233526id_/http://www.pubvet.com.br/uploads/96973fda29ddd8a7456b486d2fa91519.pdf)>. Acesso em: 15 out. 2022.

SILVA, D. C.; COSTA, K. K. B.; NASCIMENTO, A. D. P. Elaboração de iogurte sabor goiaba enriquecido com farinha de palma (*Opuntia fícus* Mill). **Agropecuária Técnica**, v. 38, n. 1, p. 47-51, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/hqyRCSyd7JHLf8cs3qwFWxg/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 15 out. 2022.

SILVA, C. B. *et al.* Estudo da qualidade físico-química de iogurtes sabor morango comercializados no Município de Parauapebas-PA. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 7, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.36229/978-65-86127-19-5.CAP.03>.

SOUZA, P. T.; SALLES, M. G. F.; ARAÚJO, A. A. Impacto do estresse térmico sobre a fisiologia, reprodução e produção de caprinos. **Ciência Rural**, v. 42, n. 10, p. 1888-1895, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/FvZ6GNxDHf3gD4m5vt4c3Sj/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 15 out. 2022.

TORA ASLEDOTTIR, *et al.* Identification of bioactive peptides and quantification of b-casomorphin7 from bovine b-casein A1, A2 and I after ex vivo gastrointestinal digestion. **International Dairy Journal**, v. 7, p. 98-106, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958694617300699>. Acesso em: 15 out. 2022.

VERCESI FILHO, A. E. *et al.* Identificação de alelos A1 e A2 para o gene da beta-caseína na raça Gir Leiteiro. In: IX Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal. **Anais...** João Pessoa, Paraíba. 2012.

**- CAPÍTULO 2 -**  
**INFLUÊNCIA DO GENE DA BETA-CASEÍNA SOBRE A PRODUÇÃO E**  
**QUALIDADE DO LEITE E DO IOGURTE DE VACAS SINDI**

## INFLUÊNCIA DO GENE DA BETA-CASEÍNA SOBRE À PRODUÇÃO E QUALIDADE DO LEITE E DO IOGURTE DE VACAS SINDI

**RESUMO:** Estudos recentes sobre a beta-caseína comprovaram que o leite do gado Sindi possui alta frequência do alelo A2 da beta-caseína. objetivou-se com esse estudo avaliar a influência do gene da beta-caseína sobre a produção e a qualidade do leite e os parâmetros físico-químicos, análise sensorial e perfil lipídico de iogurte produzido com leite de vacas Sindi. O rebanho estudado era composto por vacas lactantes genotipadas para os genótipos dominantes e recessivos, em relação a beta caseína do leite. Foram formados dois grupos de fêmeas Sindi pluríparas, cada um deles composto por 8 animais com genótipos dominante (A1A2) e recessivo (A2A2) para o gene da beta caseína. Para cada animal foi coletado uma amostra de 1L de leite e acondicionada em garrafas plásticas esterilizadas. A avaliação das características físico-químicas do leite e a fabricação do iogurte foi no laboratório de ciência e tecnologia de alimentos da UFCG, campus de Sumé, já as análises físico-químicas do iogurte foi realizado no Laboratório de Tecnologia de Leite e Derivados da UFCG no campus de Pombal. Para as análises dos ácidos graxos, as amostras de iogurte foram submetidas ao processo de isolamento da porção lipídica e método de esterificação no Laboratório de Nutrição Animal da UFCG campus de Patos e enviadas para o laboratório da UFCG do campus de Pombal para a identificação dos ácidos graxos através da cromatografia gasosa. A avaliação sensorial foi realizada com 80 julgadores dentre esses estudantes e funcionários da UFCG, Campus de Sumé. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de *Tukey* com nível de 5% de probabilidade. As médias dos teores de gordura do leite diferiram estatisticamente ( $P<0,05$ ), o genótipo dominante obteve um valor superior com 6,15%, o genótipo recessivo obteve média de 5,09%. O teor de proteína do leite obteve diferenças estatísticas ( $P<0,005$ ), os genótipos recessivo e dominante obtiveram médias de 3,55 e 3,65% respectivamente. O teor de gordura do iogurte diferiu estatisticamente ( $P<0,05$ ), com médias de 3,73 e 4,54% para o genótipo recessivo e dominante respectivamente, quanto aos teores de proteína também houve diferença ( $P<0,05$ ) entre os genótipos recessivo e dominante com resultados 3,21 e 3,82 respectivamente. O gene recessivo apresentou resultados inferiores ( $P<0,05$ ) para os ácidos graxos saturados e insaturados, e resultados superiores ( $P<0,05$ ) de ácidos graxos monoinsaturados e poliinsaturados. As amostras do genótipo recessivo obtiveram resultados superiores em todos os atributos analisados na avaliação sensorial dos iogurtes. Comprovando que mesmo o iogurte do genótipo dominante apresentando resultados em sua maioria superiores para a composição físico-química do leite e do próprio iogurte, os provadores ainda assim preferiram o iogurte produzido com leite do genótipo recessivo com teores de gordura, proteína, lactose menores.

**Palavras-chave:** bovinos, derivados A2A2, genótipo.

## **IMPACT OF THE BETA-CASEIN GENE ON THE PRODUCTION AND QUALITY OF MILK AND YOGURT FROM SINDI COWS.**

**ABSTRACT:** Recent studies on beta-casein have proven that the milk of Sindi cattle has a high frequency of the A2 allele of beta-casein. The objective of this study was to evaluate the influence of the beta-casein gene on the production and quality of milk and the physicochemical parameters, sensory analysis and lipid profile of yogurt produced with milk of Sindi cows. The herd studied was composed of lactating cows genotyped for the dominant and recessive genotypes, in relation to milk beta casein. Two groups of pluriparous Sindi females were formed, each of them composed of 8 animals with dominant (A1A2) and recessive (A2A2) genotypes for the beta casein gene. For each animal, a sample of 1L of milk was collected and packaged in sterilized plastic bottles. The evaluation of the physicochemical characteristics of milk and the manufacture of yogurt was in the laboratory of food science and technology of the UFCG, campus of Sumé, while the physicochemical analysis of yogurt was carried out in the Laboratory of Technology of Milk and Derivatives of the UFCG in the campus of Pombal. For the analysis of fatty acids, the samples of yogurt were subjected to the process of isolation of the lipid portion and esterification method in the Laboratory of Animal Nutrition of the UFCG campus of Patos and sent to the laboratory of the UFCG of the campus of Pombal for the identification of fatty acids through the Gas chromatography. The sensory evaluation was carried out with 80 judges among these students and employees of UFCG, Campus Sumé. The data were submitted to analysis of variance and Tukey test with a level of 5% probability. The averages of milk fat levels differed statistically ( $P < 0.05$ ), the dominant genotype obtained a higher value with 6.15%, the recessive genotype obtained an average of 5.09%. The protein content of milk obtained statistical differences ( $P < 0.005$ ), the recessive and dominant genotypes obtained averages of 3.55 and 3.65% respectively. The fat content of yogurt differed statistically ( $P < 0.05$ ), with averages of 3.73 and 4.54% for the recessive and dominant genotype respectively, as for the protein contents there was also a difference ( $P < 0.05$ ) between the recessive and dominant genotypes with results 3.21 and 3.82 respectively. The recessive gene showed lower results ( $P < 0.05$ ) for saturated and unsaturated fatty acids, and higher results ( $P < 0.05$ ) for monounsaturated and polyunsaturated fatty acids. The samples of the recessive genotype obtained superior results in all the attributes analyzed in the sensory evaluation of yogurts. Proving that even the yogurt of the dominant genotype presenting mostly superior results for the physicochemical composition of milk and yogurt itself, the tasters still preferred yogurt produced with milk of the recessive genotype with lower levels of fat, protein, lactose.

**Keywords:** Cattle, A2A2 derivatives, genotype.



## INTRODUÇÃO

De acordo com o último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o valor da produção de leite no Brasil chegou a 80.043.813 mil reais no ano de 2022, o dobro do valor quando comparamos com o ano de 2018 que obteve 39.344.516 mil reais. Mesmo não sendo a região com maior índice de produção leiteira, a região nordeste gerou uma receita de 11.831.867 mil reais no ano de 2022, o que de fato é um valor expressivo quando levamos em consideração o clima da nossa região (IBGE, 2022).

No Brasil foram captados 24,12 bilhões de litros de leite em 2017, tendo um aumento de 4,1% a mais que em 2016. Já em 2018 foram captados 24,46 bilhões de litros de leite. Sendo considerada uma das principais atividades produtivas no âmbito do agronegócio brasileiro, a criação de bovinos tem gerado renda, tornando-se a mais impactante entre as cinco maiores cadeias produtivas da agropecuária (CAPB, 2011; EMBRAPA, 2019).

O leite bovino e a produção de derivados lácteos são de grande valor alimentar, nutricional e econômico para a população humana, de modo que são capazes de prevenir até mesmo doenças. O iogurte é um derivado lácteo rico em nutrientes como vitaminas oriundas da matéria-prima, com potencial no mercado para o público que procura um alimento pronto para o consumo.

Sendo assim, com o crescimento mundial por uma saúde cada vez melhor, os consumidores estão sempre em busca de produtos naturais e saudáveis, visando a praticidade, baixos teores de gordura e sabor, portanto, é notório o crescimento da conscientização quando se trata de aspectos nutricionais (CARVALHO; PINTO, 2019).

Um derivado lácteo que se destaca nesse cenário é o iogurte, com sabor delicado, é obtido através da reação simbiótica das culturas lácteas, onde ocorre a fermentação do produto levando a produção de ácido láctico, acetaldeído, diacetil, ácido acético e outras substâncias voláteis, que são imprescindíveis para a qualidade sensorial do iogurte (DA SILVA AZAMBUJA *et al.*, 2019).

Assim como as características sensoriais, as pesquisas influenciaram positivamente a qualidade do produto sobre nutrição e saúde humana. Influencia essa que resultou num grande número de produtos alimentícios de origem natural disponíveis no mercado e à tendência de consumi-los, como é o consumo do iogurte (OLIVEIRA *et al.*, 2008).

Os animais da raça Sindí originaram-se na região do Sindh, localizada no Paquistão, são animais caracterizados pelo seu pequeno porte e sua pelagem avermelhada, rústicos e resistentes ao calor, características essas que ajudaram a difundir a raça por todo mundo. Esses

animais são considerados de duplo propósito, sendo explorados tanto para a produção de carne como para a produção de leite, com 1.700 kg de produção média de leite por lactação, podendo chegar a até 4000 kg por lactação (FARIA *et al.*, 2004; BARROS, 2014).

Responsáveis por ocupar 80% do total de proteínas que constituem o leite bovino, as caseínas são divididas em alfa S1-CN, alfa S2-CN, beta-CN e kappa-CN (VERSECI FILHO, 2011). A  $\beta$ -caseínas A1 e A2 são as variantes mais comuns encontradas no leite bovino, que são diferenciadas pela mudança de um nucleotídeo (SNP), onde a troca de citosina pela adenosina, gera uma substituição de um aminoácido na posição 67 da cadeia proteica, de modo que a prolina no A2 é substituída por uma histidina no A1 (REIS FILHO *et al.*, 2012).

Estudos recentes sobre a beta-caseína comprovaram que o leite do gado Sindi possui alta frequência do alelo A2 da beta-caseína, de modo que sendo trabalhado da forma correta, podemos levar resultados para população consumidora dos produtos de origem láctea.

Diante do exposto, objetivou-se com esse estudo avaliar a influência do gene da beta-caseína sobre a produção e a qualidade do leite e sobre os parâmetros físico-químicos, perfil lipídico e aceitação sensorial de iogurte produzido com leite de vacas Sindi.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Comitê de ética**

Este trabalho foi submetido a avaliação e apreciação no Comitê de Ética no Uso de Animais do Centro de Saúde e Tecnologia Rural da UFCG e aprovado em 28 de novembro de 2018, através do protocolo CEP/CEUA nº 110- 2018.

### **Local da execução**

O estudo foi desenvolvido no Núcleo de Pesquisa para o Trópico Semiárido (NUPEÁRIDO) no Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Patos, no Laboratório de Tecnologia de Alimentos do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido (CDSA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Sumé, no Laboratório de Nutrição Animal do Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Patos, e no Laboratório de Tecnologia de Leite e Derivados do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Pombal.

### **Dados dos animais utilizados**

O rebanho estudado era composto por vacas lactantes genotipadas para os genótipos dominantes e recessivos, em relação a beta caseína do leite. Os animais foram mantidos em sistema de criação extensivo, com alimentação proveniente da caatinga (pastagem nativa) adicionada de suplementação mineral a vontade em cochos distribuídos nos piquetes. O acesso à água também foi à vontade em bebedouros distribuídos nos cercados.

Os animais foram vermifugados para o controle de endoparasitos e ectoparasitos. Todos os animais receberam o mesmo manejo nutricional. Foram formados dois grupos de fêmeas Sindi pluríparas, cada um deles composto por 8 animais com genótipos dominante (A1A2) e recessivo (A2A2) para o gene da beta caseína, totalizando 16 matrizes da raça Sindi estudadas.

### **Coleta das amostras e análise físico-químicas do leite**

Foram coletadas amostras de 1L de leite *in natura* de cada animal, totalizando 16 amostras, 8 amostras do genótipo recessivo e 8 amostras do genótipo dominante. Antes de iniciar a ordenha foi feito o pré-dipping para evitar contaminação das amostras. As amostras foram armazenadas em garrafas plásticas esterilizadas e identificadas conforme Figura 4.

Figura 4 - Coleta das amostras na Fazenda Nupeárido



Fonte: Arquivo da pesquisa.

Essas amostras foram alocadas em caixa térmica com gelo gel artificial e encaminhadas para o Laboratório de Tecnologia de Alimentos da UFCG, Campus de Sumé. A avaliação das características físico-químicas do leite foi realizada através do Analisador de Leite Ultrassônico Complete – AKSO (Figura 5), onde foram realizadas as análises das 16 amostras, cada amostra com aproximadamente 10 ml de leite.

Figura 5 - Analisador de Leite Ultrassônico Complete – AKSO



Fonte: AKSO, 2020.

Nesse equipamento foram analisados os seguintes parâmetros: Temperatura (°C), Gordura (%), Sólidos não Gordurosos - SNG (%), Densidade (kg/m<sup>3</sup>), Proteína (%), Sais (%), Lactose (%) e Ponto de Congelamento(°C). Após algumas das análises o equipamento emitia um alerta de limpeza necessária, onde realizávamos a limpeza rápida com solução de água e detergente neutro. Finalizadas todas as análises, é realizada a limpeza diária com solução de água e detergente alcalino. Já o pH, Condutividade (mS/cm), foi determinado através de um medidor multiparâmetro de bolso.

### Fabricação do iogurte

Após a chegada do leite cru ao laboratório, foi realizada a organização dos utensílios necessários para fabricação do iogurte que foram previamente sanitizados. Inicialmente realizamos o processo de pasteurização lenta das amostras de leite, aquecendo entre 62°C a 68°C por 30 minutos, em seguida fizemos o resfriamento rápido em recipiente com água e gelo até as amostras chegarem à temperatura de 43°C, repetindo esse processo de forma individual para as 16 amostras de leite. Para cada formulação adicionamos 100g de açúcar refinado, 150g de iogurte natural a 1L de leite e homogeneizamos, conforme Figura 6.

Figura 6 - Fabricação do iogurte



Fonte: Arquivo da pesquisa.

Após esse processo transferimos a mistura para potes de 2L e levamos para a BOD com temperatura ajustada a 43 °C por um período de 8 horas (Figura 7). Passado esse período, foi verificado de forma individual as 16 amostras de iogurte se ocorreu o processo de fermentação através da consistência do material. Verificada a fermentação as amostras de iogurte foram armazenadas sob refrigeração até a realização das análises.

Figura 7 - Incubação das amostras de Iogurte



Fonte: Arquivo da pesquisa.

### **Análises físico-químicas do iogurte**

As amostras de iogurte foram enviadas em duplicata, totalizando 32 amostras, 16 para genótipo dominante e 16 para recessivo, os potes foram devidamente identificados e sanitizados, alocados em caixas térmicas refrigeradas com gelo gel artificial. Sendo encaminhadas para Laboratório de Tecnologia de Leite e Derivados do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Pombal, onde foram realizadas as seguintes análises: Cinzas seguindo a metodologia de Horowitz e Latimer (2006); Acidez seguindo a metodologia da (ISO/TS 11869: 2012); pH medido em potenciômetro, conforme a metodologia Adolfo Lutz (2008); Proteína, através do método de *Kjeldahl* (ISO 8968-1: 2001); Gordura, pelo método de Gerber conforme a metodologia Adolfo Lutz (2008); Extrato Seco Total e Umidade conforme a metodologia Adolfo Lutz (2008).

### **Perfil de ácidos Graxos**

Para a análise do perfil de ácidos graxos, foi utilizado amostras de 50g de iogurte, 8 amostras do genótipo recessivo e 8 amostras do genótipo dominante totalizando 16 amostras e armazenadas em potes devidamente esterilizados, sendo alocados em caixa térmica com gelo gel artificial. Essas amostras foram transferidas para o Laboratório de Nutrição Animal do Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Patos, para realizar o isolamento da porção lipídica e em seguida aplicar o método de esterificação. Após esse processo as amostras foram armazenadas e enviadas para

o Laboratório de Tecnologia em Alimentos da UFCG, Campus Pombal para extração dos ácidos graxos. As amostras foram analisadas em cromatógrafo gasoso (Marca Thermo Scientific, Modelo TRACE 1310), com detector de ionização de chama, coluna capilar (HP-88) com 100m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,2  $\mu\text{m}$  de espessura de filme, utilizando  $\text{H}_2$  como gás de arraste com fluxo constante de 1 mL/min, temperatura de forno com programação de 120 °C (3 min), 8 °C/min até 200 °C (3 min), 1,5 °C/min até 240 °C (5 min), com injeção de 1  $\mu\text{L}$  de amostra.

### **Análise sensorial**

Para a realização da análise sensorial do iogurte, foram selecionadas 80 pessoas aleatoriamente, dentre esses estudantes e funcionários da UFCG, Campus de Sumé, com disponibilidade de tempo e interesse em realizar as análises. As avaliações sensoriais foram feitas de acordo com MORAES (1985), de forma individual, longe de ruídos e odores, em horários pré-estabelecidos conforme a Figura 8.

Figura 8 - Avaliação sensorial



Fonte: Arquivo da pesquisa.

As amostras de iogurte foram servidas para cada provador, onde receberam duas amostras de 50 ml cada, uma para o gene dominante e outra para o gene recessivo, codificadas com três dígitos numéricos e distribuídas aleatoriamente, conforme sugerido por Ferreira *et al.* (2000). Todos os provadores receberam instruções de como proceder com a análise sensorial, os provadores receberam 1 biscoito água e sal para limpar o palato e 1 copo de 100ml com água filtrada para enxágue da mucosa bucal, entre as amostras, conforme Figura 9. Os provadores assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (APÊNDICE I) e receberam fichas

de avaliações (APÊNDICE II) para os atributos de sabor, aroma, acidez, textura, consistência e aceitação global, de acordo com metodologia de Faria e Yotsuyanagi (2002). Para cada quesito foram atribuídas notas dentro de uma escala hedônica de 1 a 9 pontos, com 9 equivalente a gostei muitíssimo, 8 a gostei muito, 7 a gostei moderadamente, 6 a gostei ligeiramente, 5 a indiferente, 4 a desgostei ligeiramente, 3 a desgostei moderadamente, 2 a desgostei muito e 1 equivale a desgostei muitíssimo. Os provadores ainda foram instruídos a ordenar as amostras em 1º ou 2º lugar, de acordo com a sua preferência.

Figura 9 - Material para análise sensorial



Fonte: Arquivo da pesquisa.

### **Análises estatísticas**

Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de *Tukey*, levando em consideração os genótipos dominante e recessivo para beta caseína do iogurte de vacas Sindi, utilizando o software Statistical Analysis System - SAS (2013), versão 9.3, com nível de 5% de probabilidade. Para as análises sensoriais, os dados foram analisados através de estatística descritiva e avaliados de forma analítica. Foram consideradas os valores de média e desvio padrão, apresentados em gráficos (box plots) com margem de erro de 5%, sendo 2,5% para margem superior e 2,5% para margem inferior. Sempre que a diferença entre os grupos genéticos ficava fora da margem de erro, as amostras eram consideradas diferentes.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Composição Físico-química do leite

Os valores médios da composição físico-química do leite produzidos de vacas da raça Sindi com gene Recessivo e Dominante para beta caseína são apresentados na Tabela 3. O resultado após a análise dos dados em função dos genótipos dominante e recessivo para beta-caseína do leite, apresentaram diferenças estatísticas ( $P < 0,05$ ) para pH, temperatura, gordura, SNG, proteína, lactose e ponto de congelamento.

Tabela 3 - Análises Físico-químicas do leite de vacas Sindi

Componente	Genótipo		CV	P*
	Recessivo	Dominante		
pH	6,73 <sup>b</sup>	6,79 <sup>a</sup>	0,65	0,0151
Condutividade (mS/cm)	4086,50 <sup>a</sup>	4272,50 <sup>a</sup>	7,18	0,2355
Temperatura (°C)	16,76 <sup>b</sup>	18,04 <sup>a</sup>	2,64	0,0001
Gordura (%)	5,09 <sup>b</sup>	6,15 <sup>a</sup>	11,53	0,0054
SNG (%)	9,67 <sup>b</sup>	9,94 <sup>a</sup>	2,02	0,0144
Densidade (%)	1,033 <sup>a</sup>	1,034 <sup>a</sup>	4,74	0,2573
Proteína (%)	3,55 <sup>b</sup>	3,65 <sup>a</sup>	2,07	0,0137
Lactose (%)	5,30 <sup>b</sup>	5,47 <sup>a</sup>	2,26	0,0148
Sais (%)	0,80 <sup>a</sup>	0,81 <sup>a</sup>	1,00	0,2328
Ponto de Congelamento(°C)	-0,630 <sup>a</sup>	-0,660 <sup>b</sup>	2,71	0,0047

\*SNG = Sólidos Não Gordurosos; CV = Coeficiente de variação; P = Probabilidade do teste Tukey; médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Seguindo os valores preconizados pela Instrução Normativa de N° 76, de 26 de novembro de 2018 (BRASIL, 2018), que regulamenta a identidade e qualidade de leite cru refrigerado os parâmetros de gordura, proteína, lactose, SNG e densidade estão com valores acima do valor mínimo exigido pela legislação, já o ponto de congelamento que segundo a lei vigente deve estar entre  $-0,512^{\circ}$  e  $-0,536^{\circ}\text{C}$ , encontra-se fora da margem, de modo que os valores para o genótipo recessivo e dominante foram superiores com  $-0,630^{\circ}$  e  $-0,660^{\circ}\text{C}$  respectivamente, vale ressaltar que o ponto de congelamento pode ser influenciado pela raça dos animais, qualidade da dieta, manejo de bebedouro, estágio de lactação, composição do leite, estação do ano e região geográfica, de modo que os valores elevados do presente trabalho podem ser justificados pelos teores de gordura e proteína estarem bem acima. A alteração do índice crioscópico acarreta diversos prejuízos à indústria produtora de leite, visto que há um menor rendimento de produção, com perda da qualidade dos produtos (SILVA, 2013)

Quanto aos parâmetros de pH, condutividade, temperatura e sais, não há valor de

referência definido pela IN n°76/2018 (BRASIL, 2018), e não houve diferença significativa entre os genótipos recessivo e dominante ( $P>0,05$ ) para os parâmetros de condutividade com valores 4086,50 e 4272,50 mS/cm, e sais com valores 0,80 e 0,81 % respectivamente. Já os valores de pH e temperatura diferiram estatisticamente ( $P<0,05$ ), com valores de 6,73 e 6,79 para pH, e temperatura com 16,76 e 18,04 °C para os genótipos recessivo e dominante respectivamente. Vale salientar que o genótipo dominante se sobrepôs em ambos os parâmetros.

A condutividade é um parâmetro que pode ter valores elevados quando a infecção da glândula mamária nos bovinos produtores de leite, além de ser um dos métodos que detectam a mastite subclínica. Sendo determinada pela concentração de ânions e cátions que durante o processo de mastite ocorre o aumento, estando relacionada às mudanças nas concentrações iônicas. Dessa forma a alteração da condutividade ocorre quando há lesão no tecido do úbere, havendo uma diminuição nas concentrações de lactose e íons  $K^+$  e aumentando as concentrações de íons  $Na^+$  e  $Cl^-$  (ILIE, TUDOR e GALIS, 2010).

Segundo Silva *et al.* (2004), o teor de gordura é o parâmetro que pode sofrer mais influência em relação a alimentação, raça, estação do ano e período de lactação. As médias dos teores de gordura diferiram estatisticamente ( $P<0,05$ ), de modo que o genótipo dominante obteve um valor superior com 6,15%, quando comparado com o genótipo recessivo que obteve média de 5,09%. Silva Junior (2020), trabalhando com desempenho de vacas zebuínas suplementadas a pasto, encontraram valores semelhantes ao do genótipo recessivo com 5,09; 5,32; 5,01 e 5,38, entretanto nenhum dos valores se aproximou da média encontrada para o genótipo dominante.

O fato é que o teor de gordura pode ser extremamente influenciado pela quantidade de leite produzida pelas matrizes, onde quanto menor o volume de leite maior a concentração dos seus componentes, nesse caso como os animais estudados são criados inteiramente a pasto e não foi realizado o controle leiteiro quanto a produção individual dos genótipos não é possível saber se houve ou não influencia pela quantidade de leite produzida. Entretanto, os animais zebuínos tendem a produzir leite com altos índices de gordura quando comparado com outras raças. Rangel *et al.* (2017), obtiveram valores de 4,21 e 4,28% para o teor de gordura nas raças Gir e Guzerá respectivamente, avaliando a composição físico-química do genótipo A2A2 da beta-caseína do leite, assim como Saraiva *et al.* (2015), que trabalharam com animais da raça Sindi e encontraram valores de 4,14 a 4,80%, ambos os trabalhos citados encontraram valores inferiores as médias do presente estudo.

Os dados obtidos para os sólidos não gordurosos de 9,67 e 9,94 para os genótipos recessivo e dominante respectivamente diferiram estatisticamente ( $P<0,05$ ). O valor elevado de

SNG do genótipo dominante pode estar associado ao valor do teor de proteína, lactose e sais que também estão acima quando comparado com os valores do genótipo recessivo, isso se dá pelo fato dos SNG serem constituídos por todos elementos do leite com exceção da água e a gordura. O mesmo ocorreu com Rangel *et al.* (2017), que avaliando a composição físico-química do genótipo A2A2 da beta-caseína do leite de vacas nas raças Gir (8,77% de SNG) e guzerá (8,97% de SNG), obtiveram valores superiores do teor de proteína dos animais da raça Guzerá, quando comparados ao valor do mesmo parâmetro da raça Gir. Silva Junior (2020), trabalhando com desempenho de vacas zebuínas suplementadas a pasto, encontrou valores superiores que variaram de 10,13 a 10,69, entretanto os valores do teor de proteína e lactose do mesmo trabalho também foram superiores e chegaram até 3,87 e 5,76 respectivamente, o que justifica os valores elevados de SNG.

Para a densidade não houve diferença significativa ( $P > 0,005$ ), os valores ficaram entre 1,033 para o genótipo recessivo e 1,034 para o dominante. A pouca variação dos valores comprova que não houve adulteração do leite, uma vez que o parâmetro da densidade é usado como fator importante para detecção de adulteração no leite por adição de água, amido ou até mesmo o desnate do leite, causando aumento ou redução a depender da adulteração, vale ressaltar que ambos os valores estão dentro do que é permitido pela lei vigente. Almeida (2021), trabalhando com análises físico-químicas e microbiológicas de leite A2A2 de animais da raça Jersey encontrou resultados semelhantes que variaram de 1.030 a 1.033, valores esses que também estão dentro do que é permitido pela lei vigente. Já Saraiva *et al.* (2015), testando diferentes dietas em animais da raça Sindi, chegaram a resultados inferiores ao do presente trabalho estando fora dos padrões permitidos pela IN nº 76/2018 (BRASIL, 2018).

O teor de proteína das amostras de leite analisados apresentaram diferenças estatísticas ( $P < 0,005$ ), os genótipos recessivo e dominante obtiveram médias de 3,55 e 3,65% respectivamente, sendo o genótipo dominante a se sobressair em mais esse parâmetro. Valores esses superiores aos de 3,14% encontrados por Barbosa *et al.* (2010), em vacas Sindi sem suplementação. Já Silva Junior (2020), trabalhando com desempenho de vacas zebuínas suplementadas a pasto, encontrou valores semelhantes aos do presente trabalho com 3,77; 3,85; 3,86 e 3,87 para quatro dietas diferentes estudadas.

Apesar de ser o principal carboidrato e o componente mais abundante do leite, o teor de lactose pode variar de acordo com a época do ano, raça, genética, estágio de lactação, alimentação e a saúde do animal (HENRICHS *et al.*, 2014). O genótipo dominante mais uma vez obteve resultados superiores de 5,47%, quando comparado com o genótipo recessivo que chegou a 5,30% para lactose. Resultados inferiores foram encontrados por Rangel *et al.* (2017),

que avaliando a composição físico-química do genótipo A2A2 da beta-caseína do leite de vacas nas raças Gir e Guzerá, obtiveram médias de 4,61 e 4,55% respectivamente, diferente de Silva Junior (2020), que obteve resultados semelhantes que variaram de 5,60 a 5,76%.

### Composição físico-química dos iogurtes

Os resultados referentes as análises físico-químicas dos iogurtes produzidos com leite com genótipo Recessivo e Dominante para beta caseína pode ser visualizados na Tabela 4. A composição dos derivados lácteos são um reflexo da composição do leite, entretanto, pode haver algumas diferenças em função do processo de fermentação das bactérias lácticas sobre a lactose (RIBEIRO *et al.*, 2007). De modo que assim como na análise da composição do leite, o genótipo dominante obteve resultados superiores em grande parte dos parâmetros analisados da composição dos iogurtes.

Tabela 4 - Análises Físico-químicas do iogurte de vacas Sindi

Componente	Genótipo		CV	P*
	Recessivo	Dominante		
pH	4,39 <sup>a</sup>	4,39 <sup>a</sup>	2,35	0,8863
Acidez (%)	0,66 <sup>a</sup>	0,66 <sup>a</sup>	4,98	0,9999
Gordura (%)	3,73 <sup>b</sup>	4,54 <sup>a</sup>	13,79	0,0134
Proteína Total (%)	3,21 <sup>b</sup>	3,82 <sup>a</sup>	7,07	0,0002
Cinzas (%)	0,72 <sup>a</sup>	0,66 <sup>a</sup>	10,32	0,0999
Matéria Seca (%)	19,94 <sup>b</sup>	21,45 <sup>a</sup>	2,95	0,0002
Umidade (%)	80,05 <sup>a</sup>	78,54 <sup>b</sup>	0,77	0,0002

\* CV = Coeficiente de variação; P = Probabilidade do teste Tukey; médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os parâmetros de pH e acidez não diferiram estatisticamente ( $P > 0,005$ ), com médias exatamente iguais para o genótipo recessivo e dominante de 4,39 para pH e 0,66% para acidez. Vale ressaltar que segundo a legislação vigente o pH ideal deve estar entre 4,2 e 4,5, já a acidez do iogurte deve se encontrar dentro do limite de 0,60% a 2,00% (BRASIL,2007), estando as amostras de iogurte analisadas dentro dos padrões exigidos para os parâmetros de pH e acidez. Silva (2021), avaliando a influência do sombreamento sob a qualidade de iogurtes em vacas girolandas, encontrou resultados semelhantes ao do presente trabalho de 4,22 e 4,40 para os resultados de pH, diferente dos resultados de acidez que foram inferiores com 0,55% para ambos os tratamentos testados.

O teor de gordura apresentou resultados que diferiram estatisticamente ( $P < 0,005$ ), com médias de 3,73 e 4,54% para o genótipo recessivo e dominante respectivamente. Resultados inferiores foram encontrados por Silva (2021), que trabalhando com vacas girolandas encontrou

médias de 2,80 e 3,23%. Já Magalhães e Torre (2018) trabalhando com a composição química e análise sensorial do iogurte grego comercializado no sul do estado de Minas Gerais chegaram a uma variação maior na quantidade de gordura, que foi de 3,90 a 6,30%.

A Instrução Normativa nº 46, de 23 de outubro 2007, que regulamenta a identidade e qualidade de leites fermentados, padroniza os iogurtes de acordo com o teor de gordura, cuja classificação poderá ser: com creme, aqueles cuja base láctea tenha conteúdo de matéria gorda mínima de 6,0%, integrais, aqueles cuja base láctea tenha conteúdo de matéria gorda mínima de 3,0%, parcialmente desnatados, aqueles cuja base láctea tenha conteúdo de matéria gorda máxima de 2,9% e desnatados aqueles cuja base láctea tenha conteúdo de matéria gorda máxima de 0,5%. Assim, os iogurtes produzidos neste estudo foram classificados como integrais, 3,73% para o genótipo recessivo e 4,54%, para o dominante.

Quanto aos teores de proteína, também houve diferença ( $P < 0,05$ ) entre os genótipos recessivo e dominante com resultados 3,21 e 3,82 respectivamente, havendo o genótipo dominante a produzir o iogurte com maior valor proteico. Cardoso *et al* (2022), avaliando a composição físico-química e sensorial de iogurte fornecido a escolas encontraram resultados similares que variaram de 3,06 a 3,63. A variação do teor de proteína assim como as variações nos níveis de gordura ocorre geralmente devido a influência das características genéticas e fisiológicas dos animais, assim como fatores externos, sejam eles ambiental, climático, nutricional (GEISSLER E POWERS, 2010).

Quanto aos valores para cinzas, não houve diferença ( $P > 0,05$ ) entre os genótipos recessivo e dominante, com resultados de 0,72 e 0,66 respectivamente. Lima *et al.* (2019) analisando a composição físico-química e sensorial de iogurtes produzidos com leite de búfala, cabra e vaca, encontraram resultados superiores para o iogurte produzido com leite de vaca de 0,97, diferente de Cardoso *et al* (2022), que chegaram a valores inferiores de 0,68 a 0,88.

As médias dos teores de matéria seca foram de 19,94 e 21,45% para os genótipos recessivo e dominante respectivamente, havendo diferença estatística entre os valores ( $P < 0,05$ ), sendo que o genótipo dominante atingiu valores superiores em mais esse parâmetro. Cardoso *et al* (2022), que avaliaram a composição físico-química e sensorial de diferentes tipos de iogurte, encontraram resultados semelhantes de 20,01; 22,68; 22,49; 22,29%. Vale ressaltar que segundo Mantovani *et al.* (2012), esse parâmetro é de vital importância para garantir o equilíbrio na composição do derivado, de forma que se houver aumento de mais de 25%, pode acarretar interferência na quantidade de água disponível no produto, podendo haver grandes mudanças no iogurte em relação a sua viscosidade e textura.

Para os teores de umidade do iogurte, Mantovani *et al.* (2012) obtiveram resultados de

80,05 e 78,54% ocorrendo diferença estatística ( $P < 0,05$ ), sendo o único parâmetro onde o genótipo recessivo obteve valor superior quando comparado com o genótipo dominante. O teor de umidade está relacionado com a perda em peso sofrido pelo produto, quando ocorre o aquecimento do produto acarretando a remoção da água (CHAVES *et al.*, 2004). Trabalhando com a composição físico-química e sensorial de iogurtes produzidos com leite de búfala, cabra e vaca, Lima *et al.* (2019) chegaram a resultados superiores com 90,0% do teor de umidade para o iogurte produzido com leite de vaca. Já Santos *et al.*, (2003), chegaram a resultados que variaram de 64,77 a 79,81%.

### **Perfil lipídico dos iogurtes**

Os resultados referentes ao perfil lipídico dos iogurtes produzidos com leite de vacas Sindi com genótipo Recessivo e Dominante para beta caseína estão apresentados na Tabela 5. Na literatura consultada não foram encontradas referências quanto ao efeito dos genótipos da beta-caseína sobre o perfil de ácidos graxos de iogurte. De modo que, para fins comparativos e de embasamento científico, serão citados dados referentes aos ácidos graxos do leite em pesquisas com outras hipóteses técnicas.

O perfil de ácidos graxos de produtos lácteos é caracterizado pelos ácidos oleicos (C18:1n9) que obteve resultados de 1,25 e 1,40%; palmítico (C16:0) com 32,89 e 32,29%; esteárico (C18:0) com 15,73 e 15,24% e mirístico (C14:0) com 8,13 e 8,38% para os genótipos recessivo e dominante respectivamente, não havendo diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre os genótipos analisados. É possível observar que os ácidos graxos saturados com número de carbono par foram superiores, entretanto ainda assim a fração lipídica dos iogurtes apresentaram concentrações não significativas de ácidos graxos saturados com número de carbono ímpar (C11:0, C13:0, C15:0, C17:0), contudo vale destacar o ácido pentadecanóico (C15:0) que obteve resultados superiores a 1% com 1,53 e 1,24% para os genótipos recessivo e dominante respectivamente, mesmo assim não diferiram estatisticamente ( $P > 0,05$ ).

Os ácidos graxos saturados obtiveram resultados de 73,87 e 77,17%, já os insaturados foram de 26,06 e 35,58% para os genótipos recessivo e dominante respectivamente, resultados esses que apresentaram diferenças estatísticas ( $P < 0,05$ ), sendo o genótipo dominante a obter resultados superiores em ambos os ácidos citados. Resultados inferiores foram encontrados por Milani, Vargas e Nornberg (2016), que trabalhando com o perfil de ácidos graxos de iogurtes produzidos com diferentes culturas bacterianas, encontraram médias que variaram de 65,41 a 69,02% para os ácidos graxos saturados, no entanto, as médias para os ácidos graxos insaturados foram superiores ao do presente trabalho, variando de 30,98 a 34,59%.

Tabela 5 - Perfil lipídico dos iogurtes produzidos com leite de vacas Sindi.

Ácido Graxo %	Genótipo		CV	P*
	Recessivo	Dominante		
C4:0 %	1,33 <sup>a</sup>	0,76 <sup>a</sup>	102,16	0,3026
C6:0 %	0,09 <sup>a</sup>	0,05 <sup>a</sup>	162,11	0,4593
C8:0 %	0,11 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>	143,51	0,4274
C10:0 %	0,76 <sup>a</sup>	0,46 <sup>a</sup>	51,57	0,0788
C11:0 %	0,03 <sup>a</sup>	0,04 <sup>a</sup>	150,87	0,5920
C12:0 %	1,48 <sup>a</sup>	1,04 <sup>b</sup>	30,95	0,0396
C13:0 %	0,12 <sup>a</sup>	0,22 <sup>a</sup>	58,81	0,0688
C14:0 %	8,13 <sup>a</sup>	8,38 <sup>a</sup>	11,15	0,6003
C14:1 %	0,93 <sup>a</sup>	0,73 <sup>a</sup>	35,08	0,1896
C15:0 %	1,53 <sup>a</sup>	1,24 <sup>a</sup>	39,97	0,3109
C15:1 %	0,40 <sup>a</sup>	0,47 <sup>a</sup>	35,12	0,3275
C16:0 %	32,89 <sup>a</sup>	32,29 <sup>a</sup>	4,05	0,3799
C16:1 %	1,67 <sup>a</sup>	1,33 <sup>a</sup>	30,11	0,1507
C17:0 %	1,09 <sup>a</sup>	0,96 <sup>a</sup>	28,04	0,3709
C17:1 %	0,39 <sup>a</sup>	0,37 <sup>a</sup>	33,08	0,8292
C18:0 %	15,73 <sup>a</sup>	15,24 <sup>a</sup>	11,93	0,6014
C18:1n9t %	1,25 <sup>a</sup>	1,40 <sup>a</sup>	35,25	0,5275
C18:1n9c %	26,81 <sup>a</sup>	28,04 <sup>a</sup>	8,28	0,2965
C18:2n6t %	0,02 <sup>a</sup>	0,26 <sup>a</sup>	239,28	0,1807
C18:2n6c %	1,18 <sup>a</sup>	0,98 <sup>a</sup>	28,58	0,2179
C18:3n6 %	0,09 <sup>a</sup>	0,18 <sup>a</sup>	118,10	0,2574
C18:3n3 %	0,23 <sup>a</sup>	0,21 <sup>a</sup>	53,40	0,7495
C20:0 %	0,13 <sup>a</sup>	0,22 <sup>a</sup>	79,77	0,2196
C20:1n9 %	0,38 <sup>a</sup>	0,48 <sup>a</sup>	42,36	0,3105
C20:3N3	0,00 <sup>a</sup>	0,03 <sup>a</sup>	197,02	0,0618
C20:3N6	0,00 <sup>a</sup>	0,01 <sup>a</sup>	400,00	0,3343
C22:0 %	0,00 <sup>a</sup>	0,05 <sup>a</sup>	197,58	0,0624
C22:2N6 %	0,00 <sup>a</sup>	0,01 <sup>a</sup>	400,00	0,3343
C22:6N3 %	0,00 <sup>a</sup>	0,01 <sup>a</sup>	400,00	33,43
Saturados	73,87 <sup>b</sup>	77,17 <sup>a</sup>	1,44	0,0001
Insaturados	26,06 <sup>b</sup>	35,58 <sup>a</sup>	3,75	0,0001
Monoinsaturados	23,47 <sup>a</sup>	20,47 <sup>b</sup>	3,55	0,0001
Poliinsaturados	2,59 <sup>a</sup>	1,92 <sup>b</sup>	13,97	0,0008
RMS	0,32 <sup>a</sup>	0,26 <sup>b</sup>	4,61	0,0001
RPS	0,03 <sup>a</sup>	0,02 <sup>b</sup>	16,19	0,0001
RPM	0,11 <sup>a</sup>	0,09 <sup>b</sup>	12,30	0,0131
Índice de Aterogenicidade	4,13 <sup>b</sup>	4,75 <sup>a</sup>	8,30	0,0001
SN6	1,81 <sup>a</sup>	1,28 <sup>b</sup>	17,77	0,0003
SN3	0,77 <sup>a</sup>	0,63 <sup>b</sup>	17,65	0,0252
Hipocol	18,76 <sup>a</sup>	14,53 <sup>b</sup>	6,25	0,0001
Hipercol	51,55 <sup>a</sup>	52,45 <sup>a</sup>	5,66	0,0001
Relação Hipo:Hiper	2,76 <sup>b</sup>	3,61 <sup>a</sup>	8,41	0,0001
Desejável	35,72 <sup>a</sup>	29,61 <sup>b</sup>	6,20	0,0001
D9C16	5,47 <sup>b</sup>	6,47 <sup>a</sup>	10,84	0,0459
D9C18	64,97 <sup>a</sup>	65,77 <sup>a</sup>	3,87	0,1492
Alongamento	42,70 <sup>a</sup>	35,11 <sup>b</sup>	5,56	0,0001

\* CV = Coeficiente de variação; P = Probabilidade do teste Tukey; médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fato esse que colocam os iogurtes produzidos com leite do genótipo recessivo um produto mais saudável para o consumo, uma vez que segundo Medeiros (2016), é característico dos produtos lácteos e produtos de origem animal apresentarem valores próximos ou acima de 50% para ácidos graxos saturados, situando tais produtos no grupo de alimentos ricos em ácidos gordos saturados, sugerindo assim que aja um consumo moderado e acompanhado de frutas e legumes crus, alimentos ricos em antioxidantes.

Os resultados para os ácidos graxos monoinsaturados foram de 23,47 e 20,47%, sendo que o genótipo recessivo apresentou resultados superiores estatisticamente ( $P < 0,05$ ). O mesmo aconteceu com os poliinsaturados que tiveram médias de 2,59 e 1,92% apresentando diferença estatística superior ( $P < 0,05$ ), para genótipo recessivo, mesmo sendo a classe com menores concentrações totais.

### Análise Sensorial

Os resultados da avaliação sensorial dos iogurtes produzidos com leite de genótipo Recessivo e Dominante para beta caseína quanto aos atributos de sabor, aroma, acidez, textura, consistência e aceitação global são apresentados nos Gráficos 1, 2, 3, 4, 5, 6 respectivamente. As amostras de iogurtes do genótipo recessivo e dominante foram bem aceitas pelos provadores, ambas as amostras obtiveram resultados acima de 7 com exceção do quesito textura que obteve média abaixo de 6,8 para genótipo dominante. Entretanto, foram as amostras do genótipo recessivo que obtiveram resultados superiores em todos os atributos analisados quando comparadas com as amostras do genótipo dominante.

Gráfico 1 - Preferência dos iogurtes produzidos com leite de vacas Sindi quesito sabor

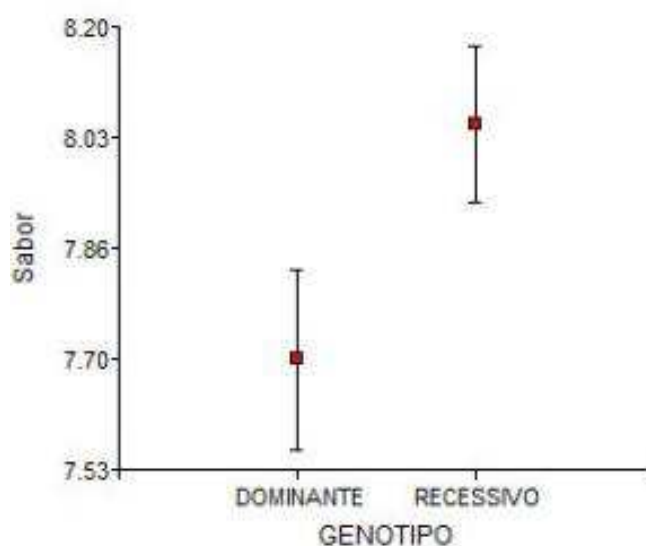




Gráfico 2 - Preferência do iogurte de vacas Sindi quesito aroma

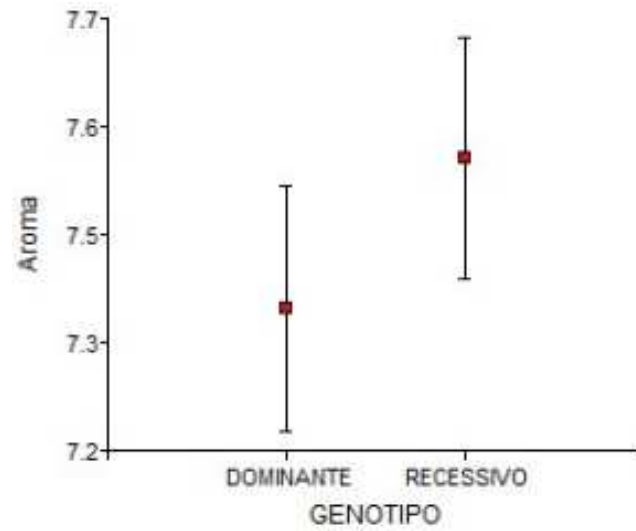


Gráfico 3 - Preferência dos iogurtes produzidos com leite de vacas Sindi quesito acidez

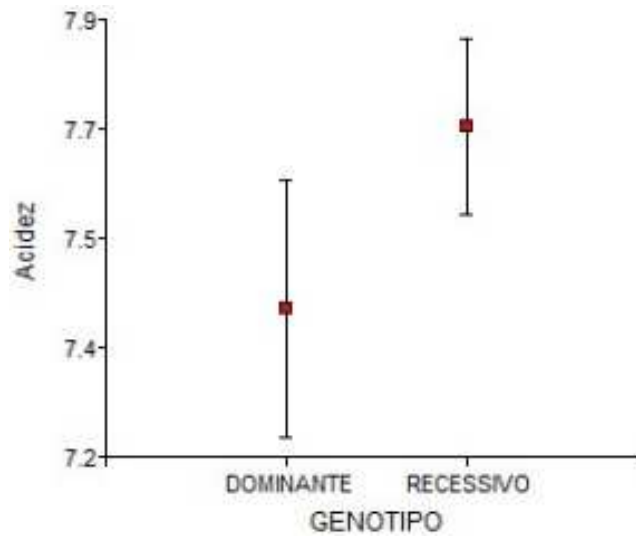


Gráfico 4 - Preferência dos iogurtes produzidos com leite de vacas Sindi quesito textura

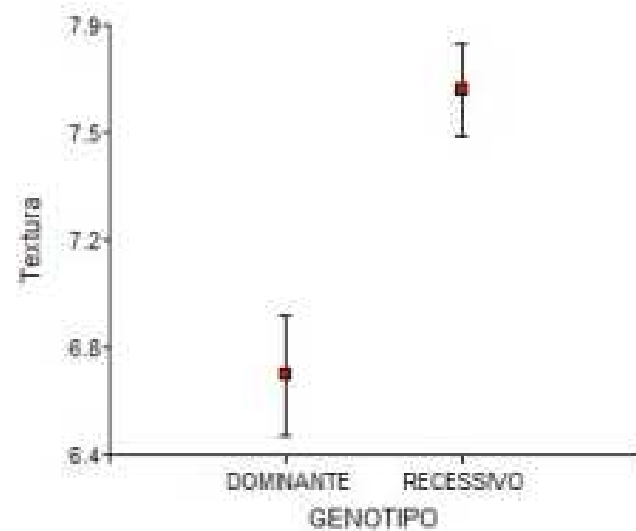


Gráfico 5 - Preferência dos iogurtes produzidos com leite de vacas Sindi quesito consistência

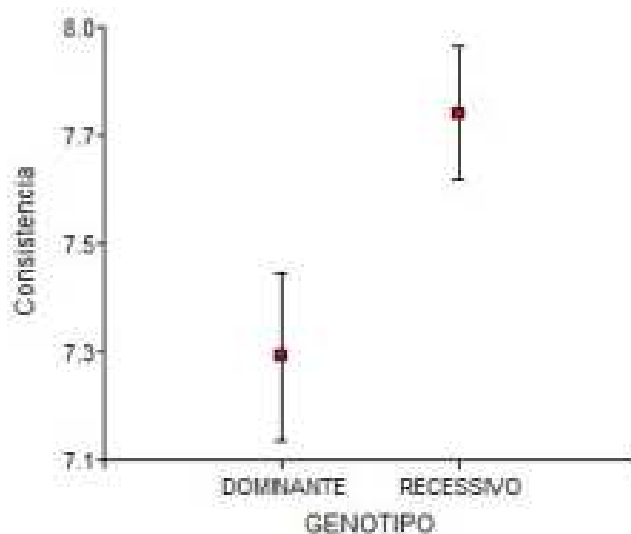
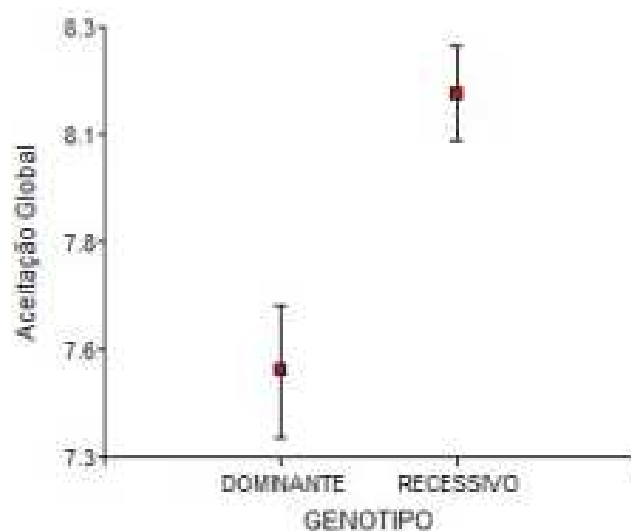


Gráfico 6 - Preferência dos iogurtes produzidos com leite de vacas Sindi quesito aceitação global



Mesmo o iogurte do genótipo dominante apresentando resultados em sua maioria superiores para a composição físico-química do leite e do próprio iogurte, os provadores ainda assim preferiram o iogurte produzido com leite do genótipo recessivo com teores de gordura, proteína, lactose menores.

Na Tabela 6 estão apresentados os resultados onde os provadores foram instruídos a ordenar as amostras de iogurte, conforma sua preferência, em primeiro lugar, conseqüentemente colocando a outra amostra analisada em segundo lugar. Sendo as amostras de iogurte do genótipo recessivo a obter resultados superiores com preferência absoluta de 93,00% e relativa de 56,71%.

Ainda há poucos estudos sobre a influência dos genótipos da beta-caseína sobre as características sensoriais do iogurte, entretanto, os resultados atestam a qualidade e

aceitabilidade do iogurte, tornando um produto em potencial para o mercado consumidor.

Tabela 6 - Preferência do iogurte de vacas Sindi

<b>Frequências</b>	<b>Genótipo</b>		<b>CV</b>	<b>P*</b>
	<b>Recessivo</b>	<b>Dominante</b>		
Absoluta (n)	93 <sup>a</sup>	71 <sup>b</sup>		
Relativa (%)	56,71 <sup>a</sup>	43,29 <sup>b</sup>	15,18	0,0008

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste de Qui-Quadrado.

## CONCLUSÕES

Foi possível observar que os genes dominantes e recessivo para beta-caseína exercem influência sobre os aspectos físico-químicos do leite de vacas Sindi, influenciando em 7 dos 10 parâmetros analisados, sendo eles pH, temperatura, gordura, SNG, proteína, lactose e ponto de congelamento, sendo o gene dominante a obter valores superiores.

Os resultados das análises físico-químicas dos iogurtes produzidos refletiram os resultados encontrados sobre os aspectos físico-químicos do leite, exercendo influência sobre os parâmetros de gordura, proteína total, matéria seca e umidade, sendo o gene dominante também a obter valores superiores.

Em relação aos ácidos graxos, as amostras de iogurte produzidos com leite composto pelo gene recessivo apresentaram resultados inferiores para os ácidos graxos saturados e insaturados, e resultados superiores de ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados, sugerindo que o iogurte produzido nesse estudo possa trazer mais benefícios a saúde humana que os demais que estão em maior oferta nos mercados.

As amostras de iogurte produzidas com leite com genótipo recessivo, foi melhor avaliado em todos os atributos sensoriais analisados quando comparado com as amostras de iogurte produzidas com leite com genótipo dominante.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente estudo mostrou perspectivas positivas em relação ao polimorfismo do gene da beta-caseína sobre a composição do leite e sobre os parâmetros físico-químicos, perfil lipídico e aceitação sensorial de iogurte produzido a partir de vacas Sindi genotipadas. Entretanto, mais estudos se tornam necessários para conhecer mais sobre a real influência do gene da beta-caseína sobre qualidade do leite, os parâmetros físico-químicos, perfil lipídico e aceitação sensorial de iogurte produzido com leite de vacas Sindi, que esse estudo possa servir como base para estimular e alavancar as pesquisas e a produção de iogurte com leite com gene recessivo.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. P. R. **Análises físico-químicas e microbiológicas em Leite A2A2 comercializado no DF**. 2021. 24 f. Artigo (Bacharelado em Medicina Veterinária) - Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos, Gama, DF, 2021.
- BARBOSA, J. G. *et al.* Características físico-químicas e sensoriais do leite de vacas Sindi suplementadas em pastagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 11, n. 2, p. 362-370, 2010.
- BARROS, R. R. O. Eficiência reprodutiva e produção de leite em zebuínos da raça Sindi. 2014. 36 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Pós-Graduação em Zootecnia, Seropédica - RJ, 2014.
- BEHMER, M. L. A. **Tecnologia do Leite**. 11. ed. São Paulo: Livraria Nobel, 1981, 320 p.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa n. 76, de 26 de novembro de 2018. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 30 nov. 2018.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa n. 46, de 23 de outubro de 2007. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 23 out. 2007.
- CARDOSO, R. C. *et al.* Avaliação Físico-Química e Sensorial de Iogurte Fornecido a Escolares. **Holos**, Natal, v. 6. 2022.
- CARVALHO, M. P. de; PINTO, F. S. S. A sinuca de bico da indústria de laticínios no Brasil. MilkPoint, 11 de jun. 2019. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/panorama-mercado/a-sinuca-de-bico-da-industria-de-laticinios-no-brasil-214465/>. Acesso em: 13 set. 2022.
- Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil - CAPB. Análise do PIB das cadeias produtivas de algodão, cana-de-açúcar, soja, pecuária de corte e de leite o Brasil: Desenvolvimento metodológico e cálculo do PIB das cadeias produtivas do algodão, cana-de-açúcar, soja, pecuária de corte e de leite no Brasil. Brasília: 2011. Disponível em: [https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/PIB\\_Cadeias\\_relatorio2009\\_10.pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/PIB_Cadeias_relatorio2009_10.pdf). Acesso em: 25 set. 2022.
- CHAVES, M. C. V. *et al.* Caracterização físico – química do suco de acerola. **Revista de biologia e ciência da terra**. [periódico online]. 2004.
- DA SILVA A., DAYANY *et al.* Análise sensorial de iogurte natural de maracujá com diferentes tipos de edulcorantes: um olhar do nutricionista. **Revista Uniabeu**, v. 12, n. 30, p. 360-372, 2019. Disponível em: <https://revista.uniabeu.edu.br/index.php/RU/article/view/3298/>. Acesso em: 08 set. 2022.
- EMBRAPA, 2019. Anuário leite 2019. Sua excelência, o consumidor. Edição digital em [embrapa.br/gado-de-leite](http://embrapa.br/gado-de-leite). 104 páginas

FARIA, F. J. C.; VERCESI FILHO, A. E.; MADALENA, F. E.; JOSAHKIAN, L. A. Estrutura genética da raça Sindi no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.852- 857, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/6Qz7HFyhRT8hZSBBTHLrFXs/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 09 set. 2022.

GEISSLER, C.; POWERS, H. Human Nutrition. **Churchill Livingston Elsevier**, Londres, 24 p.748. 2010.

HENRICHES, S. C.; DE MACEDO, R. E. F.; KARAM, L. B. Influência de indicadores de qualidade sobre a composição química do leite e influência das estações do ano sobre esses parâmetros. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v.12, n.3, p.199-208, 2014.

HOROWITZ, W.; LATIMER, G. W. Official methods of analysis of AOAC International. **Gaithersburg, Md. AOAC International**, v. 18, 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de Leite**. 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/leite/br>>, Acesso em: 15 dez. 2023.

ILIE L.I.; TUDOR, L., GALIS, A.M. The electrical conductivity of cattle milk and the possibility of mastitis diagnosis in Romania. **Lucrări Științifice Medicină Veterinară**, n. 43, v.2, p.220-227, 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos, 4. ed. São Paulo: 2008. p. 104.

International Dairy Federation/ International Organization for Standardization (2012) Milk and milk products - Fermented milks - Determination of titratable acidity - Potentiometric method. ISO/TS 11869:2012 (IDF/RM 150:2012).

International Dairy Federation/ International Organization for Standardization (2001) Milk – Determination of nitrogen content – Kjeldahl method. ISO 8968-1: 2001(E)/ IDF 20-1:2001(E).

LIMA, N. P. *et al.* Análise físico-química e sensorial de iogurtes produzidos com leite de búfala, cabra e vaca. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 5184-5192, jan. 2019.

MANTOVANI, D. *et al.* Elaboração de iogurte com diferentes concentrações de sólidos totais, análise físico-química e perfil da textura. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial** [periódico na internet]. v. 6, n. 1, p. 680-687. 2012.

MEDEIROS, R. S. **Parâmetros de qualidade do Queijo de Coalho produzido na Paraíba: indicadores químicos e microbiológicos**. 2016.

MILANI, M. P.; VARGAS, D. P.; NOMBERG, J. L. Perfil de ácidos graxos de iogurte produzido com diferentes culturas bacterianas. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, Niterói, v. 23, n. 1-2, p. 109-112, jan./jun. 2016.

OLIVEIRA, K. A. de M. *et al.* Desenvolvimento de formulação de iogurte de araticum e estudo da aceitação sensorial. **Alimentos e Nutrição**, v. 19, n. 3, p. 277-281, 2008. Disponível em: <https://biblat.unam.mx/es/revista/alimentos-e-nutricao/articulo/desenvolvimento-de->

formulacao-de-iogurte-de-araticum-e-estudo-da-aceitacao-sensorial. Acesso em: 15 out. 2022.

RANGEL, A. H. N. *et al.* Polymorphism in the Beta Casein Gene and analysis of milk characteristics in Gir and Guzera dairy cattle. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 2, 2017.

REIS FILHO, J.C.; TORAL, F. L. B.; VERNEQUE, R. S.; VERCESI FILHO, A. E.; TORRES, R. A.; EUCLYDES, R. F. Incorporation of lactations with non-conventional drying-off causes in genetic evaluation of Gyr dairy cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p.2018-2024, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/hBNtGqZjfCPpTY3vGQMjVFK/abstract/?lang=en>. Acesso em: 15 out. 2022.

RIBEIRO, J. K. G. *et al.* Níveis de retinol em iogurtes naturais comercializados em supermercados de Natal/RN. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, n. 2, p. 120-124, 2007.

SANTOS, F. C. B.; SOUZA, B. B.; ALFARO, C. E. P.; ACOSTA, A. A. A.; SANTOS, J. R. S. Avaliação da adaptabilidade de bovinos da raça Pardo-Suíça ao clima semi-árido. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria RS. Anais... Santa Maria: SBZ, 2003, CD-ROM.

SARAIVA, C. A. S. *et al.* Forage cactus associated with different fiber sources for lactating Sindhi cows: production and composition of milk and ingestive behavior. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 44, n. 2, p. 60-66, 2015.

SILVA, E. C. N. M. **Qualidade de Doce de Leite e Iogurte Oriundos de Leite de Vacas Girolando Submetidas a Sombreamento**. 2021. 87 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, GO, 2021.

SILVA, D. F. *et al.* Exploração da Caatinga no manejo alimentar sustentável de pequenos ruminantes. In: **2o Congresso Brasileiro de extensão Universitária**. Anais. Belo Horizonte, 2004.

SILVA JÚNIOR, R. G. **Desempenho de Vacas Zebuínas Suplementadas a Pasto**. 2020. 36 f. Monografia (Bacharelado em Zootecnia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, 2020.

SILVA, L. C. C. **Capacidade de detecção de adulterações e suficiência das provas oficiais para assegurar a qualidade do leite pasteurizado**. 2013. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

VERCESI FILHO, A. E. *et al.* Identificação de alelos A1 e A2 para o gene da beta-caseína na raça Gir Leiteiro. In: IX Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal. Anais... João Pessoa, Paraíba. 2012.



## APÊNDICE I



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL

### TERMO DE CONCENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

**Título do projeto:** INFLUÊNCIA DO GENE DA BETA-CASEÍNA SOBRE A PRODUÇÃO E QUALIDADE DO LEITE E DO IOGURTE DE VACAS SINDI.

**Pesquisador responsável:** João Victor Inácio Dos Santos

**Instituição/Departamento:** UFCG-CSTR/PPGCA

**Pesquisadores participantes:** José Fabio Paulino de Moura, Ana Cristina Chacon Lisboa.

**Telefone para contato:** (83) 99605-7670

Você está sendo convidado (a) para participar, como voluntário (a), em uma pesquisa. Você precisa decidir se quer participar ou não. Por favor, não se apresse em tomar a decisão. Leia cuidadosamente o que se segue e pergunte ao responsável pelo estudo sobre qualquer dúvida. Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assinie ao final deste documento, que é apresentado em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa você não será penalizado de forma alguma

Este trabalho de pesquisa está vinculado a Universidade Federal de Campina Grande. O tema a ser desenvolvido nesta pesquisa é: **INFLUÊNCIA DO GENE DA BETA-CASEÍNA SOBRE A PRODUÇÃO E QUALIDADE DO LEITE E DO IOGURTE DE VACAS SINDI**, cujo objetivo é **avaliar a influência do gene da beta-caseína sobre a produção e qualidade do leite e os parâmetros físico-químicos, análise sensorial e perfil lipídico do iogurte de vacas Sindi**. Sua participação nesta pesquisa consistirá em uma avaliação subjetiva, através de um questionário contendo características relativas a qualidade da carne, respondendo às perguntas formuladas que abordam: **sabor, aroma, acidez, textura, consistência, aceitação global e preferência** entre as amostras oferecidas e julgadas quanto a esses aspectos. **Esclarecemos que a participação não envolve nenhum risco a saúde do participante**, e todas as informações obtidas por est avaliação sensorial serão guardadas em local seguro, impossibilitando que as pessoas não ligadas a pesquisa tenham acesso a estas informações. Os benefícios esperados com o estudo são no sentido de conhecer quais os benefícios da melhoria na nutrição dos rebanhos e quais os malefícios quanto a preferência do consumidor.

Todas as informações que o (a) Sr (a) nos fornece serão utilizadas somente para esta pesquisa. Suas respostas serão confidenciais e seu nome não aparecerá na divulgação dos dados e nem quando os resultados forem apresentados. A sua participação em qualquer tipo de pesquisa é voluntária. Caso o (a) Sr (a) aceite participar, não receberá nenhuma compensação financeira. Também não sofrerá qualquer prejuízo se não aceitar ou se desistir após ter iniciado a entrevista. Estão garantidas todas as informações que você queira, antes, durante e depois do estudo.

#### Consentimento da participação da pessoa como sujeito

Eu \_\_\_\_\_, RG nº \_\_\_\_\_ li o texto acima e compreendi a natureza, objetivo e benefícios do estudo do qual fui convidado a participar. Entendi que sou livre para interromper minha participação no estudo a qualquer momento sem justificar minha decisão. Concordo voluntariamente em participar deste estudo.

Assinatura do interlocutor da pesquisa: \_\_\_\_\_

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimento sobre a pesquisa e aceite do sujeito em participar.

Testemunhas (não ligadas a pesquisa)

Nome: \_\_\_\_\_

RG: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

RG: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste sujeito de pesquisa ou representante legal para participação neste estudo.

Sumé – PB, \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Assinatura do pesquisador responsável

## APÊNDICE II

### AVALIAÇÃO SENSORIAL DE IOGURTE BOVINO

Nome \_\_\_\_\_

Sexo  F  M      Idade \_\_\_\_\_      Data \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

**Você está participando de uma pesquisa científica que envolve uma “Análise sensorial de Iogurte Bovino”. Por favor, seja o mais fiel possível nas suas respostas, pois elas são de extrema importância para o sucesso deste trabalho. Desde já agradecemos sua participação e colaboração.**

Veja como você pode pontuar as características do iogurte:

ATRIBUTOS	SABOR	AROMA
9 - gostei muitíssimo	9 - gostei muitíssimo	9 - gostei muitíssimo
8 - gostei muito	8 - gostei muito	8 - gostei muito
7 - gostei moderadamente	7 - gostei moderadamente	7 - gostei moderadamente
6 - gostei ligeiramente	6 - gostei ligeiramente	6 - gostei ligeiramente
5 - indiferente	5 - indiferente	5 - indiferente
4 - desgostei ligeiramente	4 - desgostei ligeiramente	4 - desgostei ligeiramente
3 - desgostei moderadamente	3 - desgostei moderadamente	3 - desgostei moderadamente
2 - desgostei muito	2 - desgostei muito	2 - desgostei muito
1 - desgostei muitíssimo	1 - desgostei muitíssimo	1 - desgostei muitíssimo

Amostra 125	
Atributos	Nota
Sabor	
Aroma	
Acidez	
Textura	
Consistência	
Aceitação global	

Amostra 357	
Atributos	Nota
Sabor	
Aroma	
Acidez	
Textura	
Consistência	
Aceitação global	

Identifique as amostras na ordem de sua preferência:

	Preferência
1° lugar	
2° lugar	